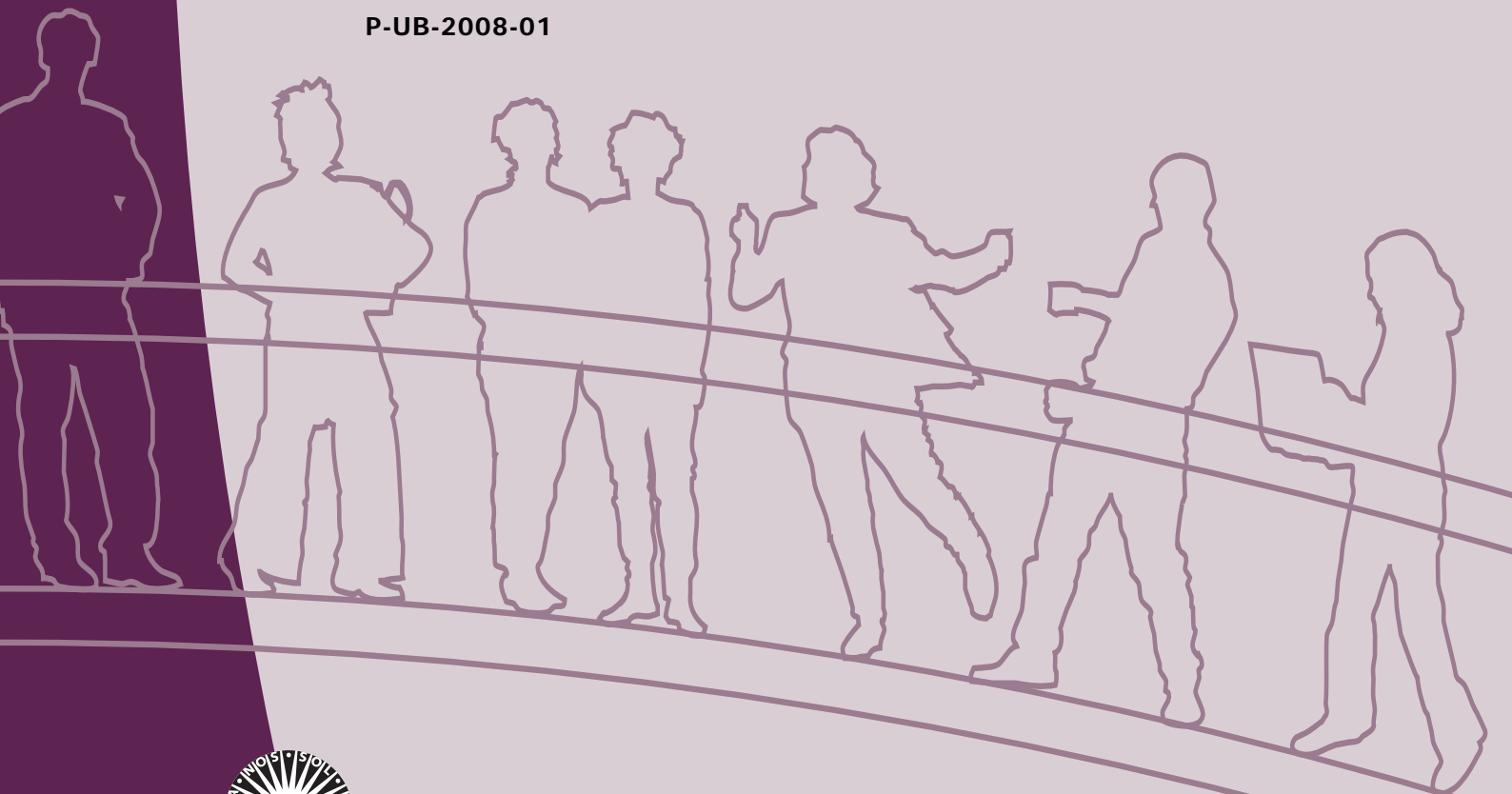


Kennispunt
Bètawetenschappen

Batterijen

C. de Keizer, E. Alsema en P. Groeneveld

P-UB-2008-01



Universiteit Utrecht

Batterijen

Corry de Keizer, Erik Alsema en Paula Groeneveld

Kennispunt Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht

Sectie Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht

April, 2008

P-UB-2008-01

Kennispunten slaan een brug tussen universiteit en maatschappij. Zij behandelen onderzoeksvragen van bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties.

Colofon

Rapportnummer	P-UB-2008-01
ISBN	978-90-79589-01-2
Verschenen	april 2008
Druk	eerste
Titel	Batterijen
Auteurs	Drs. C. de Keizer en dr. E. Alsema, sectie Natuurwetenschap en Samenleving Universiteit Utrecht Paula Groeneveld, Milieu Centraal
Projectcoördinator	ir. M.A Vaal, Kennispunt Bètawetenschappen (voorheen Wetenschapswinkel Biologie), Universiteit Utrecht
Opdrachtgever	Milieu Centraal, Utrecht
Projectnummer	2006-019
Reproductie	Document Diensten Centrum Uithof
Uitgever	Kennispunt Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht Sorbonnelaan 16, 3584 CA Utrecht. tel. 030-253 7363 www.science.uu.nl/kennispunt
Copyright	Het copyright van de originele versie van dit rapport getiteld 'brondocument batterijen' berust bij Milieu Centraal. Het is niet toegestaan (gedeelten van) de voorziggende uitgave te vermenigvuldigen door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook. Overname van gedeelten van de rapporttekst is niet toegestaan. Bij Milieu Centraal is de meest actuele versie van het brondocument batterijen verkrijgbaar. Overname van gedeelten van teksten van het brondocument is mogelijk na toestemming van Milieu Centraal en met vermelding van de bron. Op www.milieucentraal.nl vindt u de contactgegevens.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1. Inleiding	10
2. Feiten en cijfers over batterijen	12
2.1 Batterijkarakteristieken	12
2.2 De markt voor batterijen	14
2.3 Milieuaspecten van batterijen	15
2.4 Beleid en regels	16
2.5 Labels en keurmerken	17
3. Eenmalige of wegwerpbatterijen	19
3.1 Alkalinebatterijen	19
3.2 Knoopcellen (zink-lucht, lithium, zilveroxide)	21
3.3 Lithiumbatterijen	23
3.4 Nieuwe ontwikkeling	25
3.5 Deelsamenvatting	25
4. Oplaadbare batterijen	27
4.1 Nikkel-cadmium (NiCd)	27
4.2 Nikkel-metaalhydride (NiMH)	30
4.3 Lithium-ion (Li-ion) en Lithium-polymeer (LiPo)	32
4.4 Deelsamenvatting	34
5. Opladers	36
5.1 Opladers voor oplaadbare batterijen	36
5.2 Opladers voor apparaten met een geïntegreerde batterij of accu	38
5.3 Deelsamenvatting	38
6. Consumentenadvies	40
6.1 Aanschaf van batterijen, apparaten op batterijen en laders	40
6.2 Gebruik van batterijen en laders	42
6.3 Afdanken van batterijen en laders	43

6.4	Meer consumenteninformatie	44
	Bronnenlijst	45
	Bijlagen	48
	Bijlage 1 Begrippenlijst	48
	Bijlage 2 Feiten en fabels	50
	Bijlage 3 Trends	52
	Bijlage 4: De werking van batterijen	53

Voorwoord

Milieu Centraal geeft consumenten informatie en advies over heel uiteenlopende milieu-onderwerpen. Deze praktische consumentenadviezen zijn steeds gebaseerd op achterliggende brondocumenten waarin met bronvermeldingen staat weergegeven hoe conclusies en adviezen tot stand zijn gekomen en, bij controversiële onderwerpen, waar de huidige discussie over gaat.

Dit rapport is de eerste versie van het brondocument over batterijen, en representeert de stand van zaken van september 2007. Het is in opdracht van Milieu Centraal opgesteld door Corry de Keizer en Erik Alsema, van de sectie Natuurwetenschap en Samenleving, Copernicus instituut, Universiteit Utrecht. Zowel externe deskundigen en belanghebbenden als de externe Toetsingscommissie van Milieu Centraal hebben het document beoordeeld op inhoudelijke juistheid.

De op consumenten gerichte webteksten over dit onderwerp zijn te vinden op de website www.milieucentraal.nl. Milieu Centraal zorgt voor het bijwerken en actualiseren van de informatie in het brondocument en past zo nodig de daaruitvolgende adviezen aan. De meest actuele versie is verkrijgbaar bij Milieu Centraal en kan, na toestemming en met vermelding van Milieu Centraal als bron, gebruikt worden voor het overnemen van delen van de tekst.

Samenvatting

Batterijen worden steeds meer gebruikt in draagbare apparatuur, als telefoons, laptops, speelgoed en mediaspelers. Er is keuze in apparaten op batterijen (ook wel accu's genoemd) of netstroom. Netstroom heeft de voorkeur, maar is in sommige gevallen niet voorhanden of verminderd de bewegingsvrijheid. Batterijen bieden in die gevallen een oplossing. Dit brondocument heeft tot doel om consumenten informatie te geven om bewust een keuze te kunnen maken bij de aanschaf en het gebruik van batterijen.

Typen batterijen

Batterijen kunnen onderverdeeld worden in eenmalige en oplaadbare batterijen. De volgende batterijtypen worden besproken.

Eenmalige batterijen:

- Alkaline batterijen
- Knoopcellen: zink-lucht, lithium-mangaandioxide en zilveroxide knoopcellen
- Eenmalige lithiumbatterijen: lithiummangaandioxide, lithiumijzerdisulfide en lithiumthionylchloride batterijen

Oplaadbare batterijen:

- Nikkelcadmium-batterijen (NiCd)
- Nikkelmetaalhydride-batterijen (NiMH)
- Lithium-ion en lithiumpolymeer batterijen (Li-ion en Li-Po)

Batterijopladers

Voor nikkelbatterijen bestaan er drie soorten opladers:

- langzame opladers met een oplaadtijd van 12 tot 16 uur
- snelladers die batterijen in 1 tot 4 uur opladen
- supersnelladers die batterijen in minder dan een half uur opladen

Opladers voor apparaten met een ingebouwde lithiumbatterij of accu worden meestal standaard bij het apparaat geleverd.

Milieuaspecten

De milieuaspecten van batterijen zijn gerelateerd aan energie- en materiaalgebruik en aan toxiciteit van de materialen.

Energiegebruik: Elektriciteit van het net is het zuinigst, gevolgd door het gebruik van oplaadbare batterijen. Eenmalige batterijen gebruiken de meeste energie.

Materialen: Sommige batterijen bevatten de zware metalen kwik of cadmium. Deze stoffen zijn schadelijk voor het milieu. Daarom raden we het gebruik van batterijen met één van deze zware metalen af. Voor consumententoepassingen zijn er goede alternatieven. Overigens zijn er ook wettelijke regels die het gebruik van zware metalen in batterijen beperken. Zo mogen knooppellen tot 2 % kwik bevatten en andere batterijen maximaal 0,0005 %. NiCd-batterijen bestaan voor ongeveer 15 % uit het giftige cadmium. Dit laatste type batterijen wordt verboden per september 2008, behalve voor alarmsystemen, medische toepassingen en draadloze elektrische gereedschappen.

Kosten

Stroom uit het stopcontact is het goedkoopst, gevolgd door stroom van oplaadbare NiMH of NiCd batterijen. Eenmalige batterijen en oplaadbare lithiumbatterijen zijn het duurst. Hierbij is gekeken naar de aanschafkosten en de stroomkosten van het elektriciteitsnet.

Afvalfase

Batterijen kunnen apart ingeleverd worden bij inzamelpunten bij onder andere scholen, supermarkten en veel andere winkels, kantoren en bij het klein chemisch afval. De batterijen worden van de inzamelpunten naar een sorteercentrum gebracht, waar ze gesorteerd worden naar batterijtype. Vervolgens komen de batterijen terecht bij recyclingbedrijven in België, Duitsland, Frankrijk en Zwitserland. Batterijopladers en apparaten met een batterij erin, zoals een elektrische tandenborstel, worden apart ingezameld bij wit en bruingoed. Deze opladers en apparaten kunnen ingeleverd worden bij de gemeente of bij de winkel waar een nieuwe batterijoplader of apparaat gekocht wordt.

Consumentenadvies

Een apparaat op elektriciteit uit het net is goedkoper en milieuvriendelijker, maar is niet mobiel. Als voor een apparaat toch batterijen nodig zijn, kan het beste worden gekozen voor oplaadbare batterijen. Voor apparaten met een zeer laag stroomverbruik, zoals klokken en apparaten voor noodgevallen zoals zaklampen, of voor apparaten met knooppellen waar geen oplaadbare batterijen gebruikt kunnen worden, zijn eenmalige batterijen een goede oplossing. NiCd-batterijen zijn af te raden omdat ze het giftige cadmium bevatten.

Het energieverbruik varieert per oplader. Helaas is dit voor de consument niet of moeilijk te achterhalen. Oudere laders met een relatief zware transformator gebruiken vaak meer energie dan de nieuwere lichtere laders. Bij alle laders is het belangrijk dat ze uit het stopcontact gehaald worden als ze niet gebruikt worden, dit vermijdt standby verliezen.

Snelladers zijn beter voor nikkelcadmium- en nikkelmetaalhydride-batterijen dan langzaamaders of supersnelladers, mits een controlesysteem in de lader ervoor zorgt dat de batterijen niet te warm worden.

Er zijn ook handopladers of laders op zonne-energie. Het volledig opladen van een batterij of accu kost veel spierkracht en tijd, daarom worden deze opladers nauwelijks gebruikt als vervanging voor een oplader op het elektriciteitsnet. Deze laders zijn echter wel een goede aanvulling, voor kleine beetjes. Bijvoorbeeld als de zaklamp even nodig is.

Tenslotte nog een aantal gebruikstips

- Leg batterijen niet in de zon of een andere warme omgeving
- Haal de batterijen uit het apparaat, als een apparaat een poosje niet gebruikt wordt
- Laat Li-ion batterijen niet helemaal leeg gaan voor het opladen
- NiCd-batterijen horen juist wel helemaal leeg te zijn voor het opladen
- Vermijd veelvuldig kort laden
- Verwijder een opgeladen batterij of accu uit de lader
- Combineer geen batterijen van verschillende types of voltages
- Haal de accu uit de laptop als u alleen op het elektriciteitsnet werkt

Hoofdstuk 1

Inleiding

Batterijen worden steeds meer gebruikt in draagbare apparatuur, als telefoons, laptops, speelgoed en mediaspelers. De consument heeft een keuze uit veel verschillende apparaten op batterijen, accu's of netstroom. De verschillende batterijtypen hebben verschillende eigenschappen, kosten en milieueffecten.

Dit brondocument beoogt consumenten informatie aan te reiken op basis waarvan ze bewust om kunnen gaan met (draagbare) batterijen en de juiste batterij kunnen kiezen voor het apparaat dat ze hebben. Het gaat daarbij om een aantal handelingen en keuzes:

- Bij de aanschaf van een apparaat kiezen tussen een apparaat op netstroom of met (oplaadbare) batterijen
- Keuze tussen oplaadbare en eenmalige batterij
- De juiste batterij in het juiste apparaat
- NiCd-batterijen horen juist wel helemaal leeg te zijn voor het opladen
- Omgaan met afgedankte batterijen en accu's

We behandelen de volgende typen eenmalige en oplaadbare batterijen en opladers:

- Alkalinebatterij (eenmalig)
- Knoopcellen (zilveroxide, zink-lucht, lithium, allen eenmalig)
- Lithiumbatterij (eenmalig)
- Nikkel-cadmiumbatterijen (oplaadbaar)
- Nikkelmetaalhydridebatterijen (oplaadbaar)
- Lithium-ion en lithium-polymeer (oplaadbaar)
- Opladers voor losse, oplaadbare batterijen
- Opladers voor apparaten met een ingebouwde oplaadbare batterij

In dit document beperken we ons tot de batterijen en laders voor in huis. Startaccu's (loodaccu's) voor auto's en andere grote batterijtypes worden daarom niet behandeld. Ook zinkbruinsteenbatterijen worden hier niet behandeld omdat deze steeds minder worden gebruikt en omdat ze in opbouw en behandeling sterk lijken op alkaline batterijen.

De volgende aspecten worden belicht voor elk batterijtype en oplader:

- Batterijenmerken
- Waarvoor is het geschikt?

- Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen
- Milieuaspecten
- Kosten
- Afvalfase

Dit brondocument introduceert verschillende batterijtypen en opladers en beschrijft hun werking, toepassing, milieuaspecten en kosten. In hoofdstuk 2 worden de feiten en cijfers over batterijen gepresenteerd. In hoofdstuk 3 komen eenmalige batterijen aan bod. Hoofdstuk 4 behandelt oplaadbare batterijen. Hoofdstuk 5 gaat over opladers voor oplaadbare batterijen en voor ingebouwde batterijen in apparaten. In hoofdstuk 6 worden consumentenadviezen gegeven.

Hoofdstuk 2

Feiten en cijfers over batterijen

In dit hoofdstuk worden de feiten en cijfers over batterijen gepresenteerd. In §2.1 wordt een aantal batterijkenmerken beschreven die later in dit document gebruikt worden bij de beschrijvingen van de verschillende type batterijen. In §2.2 wordt de markt voor batterijen beschreven. Vervolgens wordt in §2.3 de afvalproblematiek rond batterijen weergegeven. Het beleid wordt beschreven in §2.5. In §2.6 worden labels en keurmerken beschreven. In bijlage 4 wordt de werking van batterijen beschreven.

2.1 Batterijkenmerken

Verschillende begrippen worden gebruikt om de werking van batterijen te omschrijven. De volgende begrippen zijn voor dit document van belang: capaciteit, de energiedichtheid, spanning en de ontladingcurve.

Capaciteit

De capaciteit* van een batterij geeft weer hoeveel elektrische energie de batterij bevat. De capaciteit wordt gegeven in Ampère-uur (Ah). Een capaciteit van 1 Ah wil zeggen dat de batterij gedurende 1 uur een stroomsterkte van 1 Ampère kan leveren. De capaciteit van batterijen is de laatste jaren toegenomen. Een batterij met een hogere capaciteit gaat langer mee als dezelfde hoeveelheid stroom gebruikt wordt voor het apparaat. De capaciteit is afhankelijk van:

- de *temperatuur* van een batterij. Een te lage of te hoge batterijtemperatuur kan de capaciteit van de batterij flink verlagen (Pistoia, 2005). De ideale temperatuur verschilt per batterijtype.
- de *zelfontlading**. De chemische reacties bij de elektrodes stoppen nooit volledig, daardoor hebben batterijen altijd een zekere zelfontlading. Hierdoor neemt de capaciteit af, terwijl de batterijen niet gebruikt worden. De snelheid van deze zelfontlading is afhankelijk van de soort batterij en de omstandigheden waaronder de batterijen bewaard worden. Bij hogere temperaturen is de zelfontlading groter. Eenmalige batterijen hebben meestal een vrij lage zelfontlading. Oplaadbare batterijen hebben daarentegen vaak een hoge zelfontlading, waardoor een batterij 3 maanden na het opladen weer leeg kan zijn, zonder dat deze gebruikt is.
- de *veroudering*. Oplaadbare batterijen verliezen als ze ouder worden geleidelijk een deel van hun capaciteit, m.a.w ze kunnen niet meer voor 100% worden opgeladen en ontladen. Belangrijke factoren die de snelheid van veroudering bepalen zijn de temperatuur en soms ook de wijze van gebruik. De invloed van deze factoren op de veroudering verschilt echter sterk per type batterij. Regeneratie van batterijen die niet meer goed presteren, is soms mogelijk door een zorgvuldig uitgevoerd laadproces met behulp van een goed laadapparaat (zie hoofdstuk 5).

Energiedichtheid

De energiedichtheid* van een batterij geeft aan hoeveel energie een batterij heeft per volume of gewicht. Dit wordt weergegeven in Wh/kg. Een kleine batterij met een hoge energiedichtheid kan even veel of zelfs meer energie leveren dan een grote batterij met een lage energiedichtheid.

Spanning

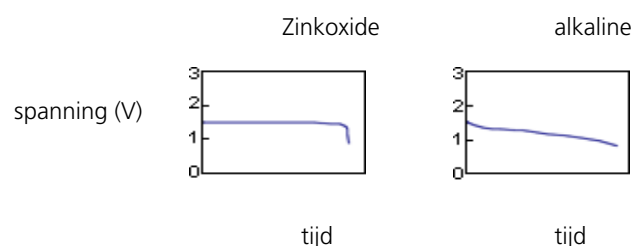
De spanning* (potentiaal* of voltage*) van een batterij varieert per type batterij. De standaard cilindrische AA en AAA batterijen hebben meestal een spanning tussen de 1,2 en 1,5 V. Lithium-ion batterijen hebben een hoger spanning van ongeveer 4 V. Het is afhankelijk van het apparaat welke spanning het nodig heeft. Op apparaten of in de handleidingen van apparaten hoort aangegeven te worden, welk type batterij er bij hoort.

Batterijen kunnen in serie of in parallel geschakeld worden. Door batterijen in serie te schakelen wordt de spanning hoger. Het totale spanning wordt de optelsom van de spanningen van de individuele batterijen. Als bijvoorbeeld 4 batterijen van 1,5 V in serie geschakeld worden, wordt de totale spanning $4 \times 1,5 \text{ V} = 6 \text{ V}$. Dit is meestal het geval wanneer je in een apparaat meerdere batterijen moet doen.

Ontladingscurve

De ontladingscurve van een batterij geeft het verloop van de spanning van een batterij over de tijd bij een bepaalde ontlaadingsnelheid en een bepaalde temperatuur. De spanning neemt af met de tijd dat de batterij energie levert. Op een gegeven moment kan de spanning te laag worden voor het apparaat, waardoor deze te traag gaat werken of uit gaat.

In figuur 1 worden twee ontladingscurven getoond. De eerste toont een vlakke curve, hetgeen betekent dat de spanning gedurende de tijd bij dit type batterij niet sterk afneemt, tot de batterij op is. Het apparaat stopt met werken als de batterij op is. De tweede curve laat een dalende lijn zien. Dit betekent dat bij deze batterij de spanning afneemt gedurende de tijd. Het apparaat zal op een bepaald moment trager of niet meer werken, nog voordat de batterij helemaal leeg is.








Figuur 1: Ontladingscurve van een zinkoxidebatterij en van een alkaline batterij (Maxell, 2007)

Let op: bij ontlading wordt bedoeld dat batterijen stroom leveren aan een apparaat en daardoor ontladen worden. Zelfontlading geeft aan dat batterijen ontladen zonder in gebruik te zijn.

Gestandaardiseerde formaten

De afmetingen en elektrische eigenschappen van batterijen zijn gestandaardiseerd, zodat dezelfde batterij in verschillende apparaten kan worden gebruikt. Enkele veelgebruikte afmetingen van batterijen zijn:

Tabel 1: Gestandaardiseerde afmetingen van batterijen (Pistoia, 2005)

Naam	IEC code wegwerp	IEC code oplaadbaar	bijnaam	Diameter (mm)	Hoogte (mm)	Spanning
AAA	(L)R3	RC3	micro, potlood, lady, minipenlite 	10,0	43,9	1,5 V
AA	(L)R6	RC6	mignon, penlite 	14,0	49,8	1,5 V
C	(L)R14	C14 S	Engelse staaf, baby 	25,5	49,2	1,5 V
D	(L)R20	RC20 S	Monocel 	33,2	60,5	1,5 V
9V of PP3	6LR61 of 6(L)F22	RC 22	Negenvoltblokje 	47,5: 25,5: 16,5		9 V
N	LR1			12,0	30,2	1,5 V

Wegwerpbatterijen en oplaadbare batterijen hebben dezelfde vorm aangezien ze in dezelfde apparaten gebruikt worden. Op de batterijen of hun verpakkingen staat bijv. AAA, AA, C, D of 9V. Deze letters verwijzen niet naar de inhoud van de batterij, maar naar de vorm. Op de wegwerpbatterijen staat een R of LR; op de oplaadbare batterijen staat RC.

2.2 De markt voor batterijen

Batterijen worden gebruikt in veel apparaten, bijvoorbeeld mobiele telefoons, speelgoedartikelen, digitale fotocamera's en mp3-spelers. Nederlandse huishoudens hadden in 2006 gemiddeld 97 batterijen in huis. Dit was in 2003 nog 71 batterijen. Gemiddeld is 68 % van de batterijen in gebruik, 10 % van de batterijen zitten in oude of kapotte apparaten, 13 % van de batterijen zijn los en nieuw en 7 % van de batterijen zijn leeg (Stibat, 2006).

In Nederland werden in 2006 353 miljoen batterijen verkocht. Dat zijn ruim 49 batterijen per huishouden. In bijlage 3 is te zien dat in Nederland de verkoop van batterijen tussen 2000 en 2006 met 69 % is toegenomen. De percentages per batterijtype zijn onbekend.

2.3 Milieuaspecten van batterijen

De belangrijkste milieuaspecten van batterijen zijn het energiegebruik en de eventuele aanwezigheid van zware metalen.

Energiegebruik

Bij de productie en tijdens het gebruik van batterijen wordt energie gebruikt. Bij de productie van batterijen wordt meer energie gebruikt, dan er uiteindelijk wordt uitgehaald (zie § 3.1, 3.2, 4.1 4.2, 5.1 en 5.2). Ook bij het opladen van batterijen gaat energie verloren. Het is daarom efficiënter om elektriciteit direct uit het stopcontact te gebruiken, zonder tussenkomst van batterijen.

Schadelijke stoffen

Batterijen kunnen de zware metalen cadmium, kwik of lood (autoaccu's) bevatten. Deze zware metalen zijn in hogere concentraties meestal giftig. De gevolgen van blootstelling aan zware metalen kunnen ernstig zijn. Zware metalen tasten het immuunsysteem, de stofwisseling, het zenuwstelsel en de hormoonhuishouding aan. Ook kunnen ze leiden tot aangeboren afwijkingen en gedragsstoornissen (Ministerie van VROM, 2007). Zware metalen worden daarom steeds minder toegepast in batterijen en is aan regels verbonden (zie § 2.5). Vanwege de schadelijkheid is ook een goede inzameling van batterijen belangrijk.

Inzameling

Afgedankte batterijen en accu's zijn chemisch afval en dienen gescheiden ingeleverd te worden. Inzameling van batterijen voorkomt dat schadelijke stoffen uit de batterijen in het milieu terecht komen en bevordert hergebruik van (zware) metalen in batterijen. De gemeenten zijn onder andere verantwoordelijk voor gescheiden inzameling van batterijen. Batterijen kunnen tegenwoordig op veel plaatsen (gratis) ingeleverd worden, onder andere bij: winkels, waaronder bijna alle supermarkten, recreatiebedrijven, scholen, bedrijven en het klein chemisch afval depot van de gemeente (zie voor exacte inleverplaatsen de website www.legebatterijen.nl of de gemeente-informatie). Vervolgens worden de batterijen door professionele inzamelaars of de ophaalservice van Stibat naar het sorteercentrum van Stibat (Stichting Batterijen) in Ermelo gebracht (in 2007 in Lelystad). Daar worden ze op type en chemische samenstelling gesorteerd en naar de verwerkingsbedrijven gebracht (Ministerie van VROM, 2001; Stibat, 2006).

Er werd in 2006 in Nederland 2.858 ton batterijen ingezameld, terwijl er 577 ton batterijen bij het huishoudelijk afval belandde. Dit betekent dat 83 % van de batterijen die in 2006 afgedankt werden, apart ingeleverd zijn. Het percentage batterijen dat in het huishoudelijk afval terecht komt, is gedaald van 30 % in 2001 tot 17 % in 2006 (Stibat jaarverslag, 2006).

Verwerking

De batterijen worden in het sorteercentrum van Stibat gesorteerd op type en chemische samenstelling Tabel 2 laat zien waar de verschillende ingrediënten van de batterijen worden verwerkt (situatie per eind 2006). De keuze voor een bepaalde recycler is echter aan wijzigingen onderhevig. Recyclingproducten van batterijen kunnen soms weer gebruikt worden als grondstof voor batterijen. Dit geldt bijvoorbeeld voor cadmium, dat na recycling 99,99 % puur is. Ook gerecyclede metalen worden opnieuw gebruikt als grondstof. Een deel van de batterijen wordt na scheiding van de verschillende producten niet gerecycled, maar wordt afval. Het gaat om ongeveer 17 gewichtsprocent van de batterij; dit bestaat uit afvalwater, plastics en residuen (GRS Batterijen, 2006).

Tabel 2: De verwerking van oude batterijen uit Nederland in 2006 (Stibat jaarverslag 2006)

EENMALIGE BATTERIJEN	
Hoeveelheid	1.961 ton
Batterijtypen	Alkaline, Zinkkoolstof
Recyclingbedrijven	Valdi (Frankrijk), Redux (Duitsland), Batrec (Zwitserland)
OPLAADBARE BATTERIJEN	
Hoeveelheid	597 ton
Batterijtypen	Nikkelcadmium, Nikkelmetaalhydride, Lithium-ion, loodhoudend
Recyclingbedrijven	Redux (Duitsland), Batrec (Zwitserland), Campine (België), SNAM (Frankrijk), Accurec (Duitsland)

2.4 Beleid en regels

Verantwoordelijkheid voor inzameling

De producenten en importeurs van batterijen zijn verantwoordelijk voor de inname en verwerking van de batterijen tot 1 kg (Ministerie van VROM, 1995). De producenten en importeurs hebben dit samen geregeld door de onafhankelijke Stichting Batterijen (Stibat) op te richten. Deze stichting is verantwoordelijk voor de inzameling en verwerking van batterijen van de deelnemers aan de stichting. De deelnemers rapporteren hoeveel batterijen ze op de Nederlandse markt brengen en betalen daar een zogeheten beheerbijdrage voor aan Stibat. Eén bedrijf, Battrex, heeft een inzamel- en verwerkingssysteem opgezet voor de batterijen die het bedrijf op de markt brengt. Battrex heeft daartoe net als de Stibat een mededeling gedaan aan de Minister van VROM. Deze heeft daarvoor een goedkeuring afgegeven. Het ministerie van VROM is verantwoordelijk voor de handhaving van het Besluit beheer batterijen.

Inzamelpercentages

In de huidige Nederlandse wetgeving (Besluit Beheer Batterijen) en in de toekomstige Europese wetgeving (2006/66/EG) zijn inzamelpercentages voor batterijen gedefinieerd. Deze inzamelpercentages ontlopen elkaar sterk doordat ze op een verschillende manier gemeten worden.

Het streefpercentage voor de inzameling van batterijen in Nederland, zoals beschreven in het Besluit Beheer Batterijen, is 80 % per eind 2007. Het percentage inzameling wordt berekend door het ingezamelde gewicht aan batterijen te delen door het ditzelfde gewicht plus het gewicht aan batterijen dat in de grijze afvalstroom gevonden wordt. Dit wordt vervolgens met 100 vermenigvuldigd. Dit streefpercentage is reeds in 2005 overschreden: toen werd namelijk 83 % van de afgedankte batterijen ingezameld. In 2006 is dat percentage gelijk gebleven (Stibat jaarverslag 2006).

In de nieuwe Europese regelgeving is het „inzamelpercentage” gedefinieerd als het percentage dat wordt verkregen door het gewicht van de afgedankte draagbare batterijen en accu's die zijn ingezameld te delen door het gewicht van draagbare batterijen en accu's die producenten verkopen gemiddeld over hetzelfde kalenderjaar en de voorafgaande twee kalenderjaren. Dit wordt vervolgens met 100 vermenigvuldigd. De minimum inzamelpercentages

die bereikt moeten worden zijn 25 % op 26 september 2012 en 45 % op 26 september 2016 (Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, 2006). In Nederland lag dit percentage in 2006 op 36 % (Stibat jaarverslag 2006). Het verschil met het percentage van 83 % kan verklaart worden doordat mogelijk veel batterijen niet in de grijze afvalstroom belanden, maar ergens in huis of in de natuur achterblijven of doordat het aantal batterijen in huis toeneemt.

Zware metalen in batterijen

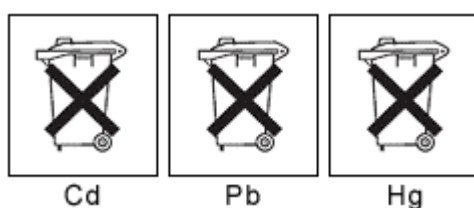
Verschillende batterijen bevatten zware metalen, die belastend zijn voor het milieu. Batterijen en accu's mogen maximaal 0,0005 gewichtsprocent kwik bevatten. De verkoop van batterijen en accu's die meer dan 0,0005 gewichtsprocent kwik bevatten (ook als deze batterijen en accu's in apparaten zijn geïntegreerd) is verboden. Knoopcellen en uit knoopcellen samengestelde batterijen, die niet meer dan 2 % kwik bevatten, zijn van dit verbod uitgezonderd (Minister van VROM, 1995).

Onder de nieuwe Europese richtlijnen worden per 26 september 2008 ook cadmiumbatterijen met meer dan 0,002 % cadmium verboden. Dit geldt niet voor batterijen in alarmsystemen, medische toepassingen of draadloze elektrische gereedschappen (Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, 2006). Het vervangen van NiCd batterijen voor deze toepassingen is volgens de industrie duurder en leidt tot minder goede prestaties. Milieuorganisaties zoals Greenpeace zijn het hier niet mee eens. De nieuwe EU richtlijnen zijn volgens Greenpeace een compromis tussen de standpunten van verschillende landen en belangengroepen (Greenpeace/EEB, 2004).

2.5 Labels en keurmerken

Alle batterijen behoren bij het klein chemisch afval (kca), maar het kca-logo is niet meer verplicht op alle batterijen. Het logo moet staan op batterijen met meer dan 0,025 gewichtsprocent aan cadmium met het chemisch symbool (Cd) eronder (zie figuur 2). Op batterijen met meer dan 0,04 gewichtsprocent aan lood, moet met het chemisch symbool (Pb) eronder worden aangebracht. Op batterijen met kwik moet het chemisch symbool (Hg) worden aangebracht, ook met minder dan 0,0005 gewichtsprocent aan kwik in batterijen of knoopcellen en uit knoopcellen samengestelde batterijen die niet meer dan 2 gewichtsprocent kwik bevatten (Stibat, 2007).

Voor de andere batterijen is er sinds 9 januari 2007 geen verplichting meer om producten te voorzien van het kca-logo. Dit komt doordat het Besluit kca-logo is ingetrokken, dat voorzorg in de etikettering van bepaalde producten met het kca-logo. Het Besluit kca-logo bleek niet gebaseerd te zijn op Europese richtlijnen en dat mag niet. Het is overigens niet verboden om het kca-logo op batterijen, verpakkingen of in gebruiksaanwijzingen af te beelden. Het blijft immers belangrijk om ook de batterijen waarbij het logo niet verplicht is apart in te zamelen.



Figuur 2: Kca-logo's voor cadmium (Cd), lood (Pb) en kwik (Hg)

Vanaf 26 september 2009 is het verplicht om de capaciteit van de batterij op de buitenkant van de batterij te vermelden (Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, 2006). Dit wordt nu vaak al op de batterijen aangegeven.

Hoofdstuk 3

Eenmalige of wegwerp batterijen

Er zijn diverse soorten eenmalige batterijen: Alkalinebatterijen, Knoopcellen (zink-lucht, lithium, zilveroxide) en Lithiumbatterijen (Lithium-mangaandioxide, Lithium-ijzerdisulfide, Lithium-thionylchloride). Deze batterijen hebben specifieke eigenschappen waardoor voor sommige toepassingen het ene type beter is dan het andere type. Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende soorten eenmalige batterijen.

3.1 Alkalinebatterijen

Batterijenmerken

Een alkalinebatterij heeft een spanning* van 1,5 V. De spanning van de batterij neemt gedurende het gebruik langzaam af van 1,5 naar ongeveer 0,9 Volt. In grotere batterijen worden alkaline cellen ook wel in serie geschakeld om zo een hogere spanning te bereiken. Bijvoorbeeld 4 cellen van 1,5 V kunnen in serie geschakeld worden om een spanning van 6V te bereiken. De energiedichtheid* van alkalinebatterijen is ongeveer 145 Wh/kg.

De capaciteit* van AAA batterijen is tussen de 1100 en 1250 mAh en voor AA ligt dit tussen de 2500 en 2850 mAh. Batterijen met een hogere capaciteit kunnen langer stroom leveren voordat ze leeg zijn. Door de capaciteit te delen door het stroomverbruik van het apparaat in mA, kan de verwachte gebruiksduur van de batterij in uren worden berekend (Linden and Reddy, 2002). Bijvoorbeeld een batterij met een capaciteit van 1250 mAh in een apparaat met een stroomverbruik van 20 mA gaat 62,5 uur mee

Er worden verschillende voordelen van alkalinebatterijen genoemd:

- Een voor eenmalige batterijen goede kostenbaten verhouding
- Goede werking bij lage temperaturen
- Lange levensduur als batterij niet gebruikt wordt
- Hogere capaciteit dan zinkbruinsteen batterijen
- Langere levensduur, ook bij continu gebruik, dan zinkbruinsteen batterijen

Als nadelen van alkalinebatterijen worden genoemd:

- Eenmalig gebruik waardoor de afvalproductie en het energieverbruik bij productie hoog is vergeleken met oplaadbare batterijen. Overigens zijn er ook oplaadbare alkalinebatterijen, zie paragraaf 4.0

- Hoge kosten per geleverde eenheid energie vergeleken met oplaadbare batterijen (Pistoia, 2005; Buchmann, 2001)

Toepassingen

Alkaline batterijen zijn geschikt voor onder andere:

- Draagbare CD en MP3-spelers
- Afstandsbediening
- Fietslichtjes
- Zaklamp
- Radio
- Speelgoed
- Klok
- Scheerapparaten

(Maxell, 2007)

Voor apparaten die relatief veel stroom gebruiken en frequent gebruikt worden, zoals CD- en MP3-spelers, radio, fietslampjes en bewegend speelgoed, is het overigens goedkoper en milieuvriendelijker om oplaadbare batterijen te gebruiken. Voor apparaten met een laag stroomverbruik, zoals een klok, een afstandsbediening en zaklampen voor noodsituaties zijn alkalinebatterijen wel geschikt. Dit komt doordat oplaadbare batterijen veel sneller zelfontladen* dan alkalinebatterijen. Oplaadbare batterijen verliezen dus elke dag een deel van de energie, ongeacht of ze gebruikt worden of niet. Hierdoor is de 'lek' van stroom door (zelf)ontlading bij gebruik van oplaadbare batterijen in toepassingen met een laag stroomgebruik hoog vergeleken met het gebruik van eenmalige alkalinebatterijen waardoor de milieuwinst gering is.

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

Alkalinebatterijen zijn momenteel de meest gebruikte en verkochte eenmalige* batterijen. Alkalinebatterijen worden vooral verkocht met een cilindrische vorm, zoals het AA en AAA type. Op de verpakking van de batterijen en op de batterijen zelf staat een indicatie van het type batterij.

Milieuaspecten

Alkalinebatterijen bevatten vooral zink, mangaandioxide en een kaliumhydroxideoplossing. Er is ongeveer 39 tot 55 keer meer energie nodig voor het produceren van de batterij en verpakking dan dat er aan energie in de batterij zit. Deze gegevens zijn op basis van een batterijcapaciteit van 2700 mAh (Scholl et al., 1997).

Kosten

Er zit een grote variatie in de prijs van alkalinebatterijen. AA-batterijen kosten tussen de € 0.25 en € 1.25 per batterij. De prijs is geen indicatie voor de kwaliteit van een batterij. Goedkope batterijen kunnen beter zijn dan dure batterijen (Vara! Kassa, 2005).

De kosten per geleverde kWh bedragen € 75 - 400. Dit is als volgt berekend: in 1 alkalinebatterij van 2700 mAh en een spanning van 1,2 V zit $2,7 \text{ Ah} \times 1,2 \text{ V} = 3,24 \text{ Wh} = 0,00324 \text{ kWh}$. Voor 1 kWh zijn dus $1/0,00324 = 309$ batterijen nodig. Deze kosten $(0,25 \times 309 =) 77$ tot $(1,25 \times 309 =) 386$ euro per kWh. Ter vergelijking: 1 kWh elektriciteit uit het stopcontact kost € 0,22.

Afvalfase

Alkaline batterijen kunnen na inzameling onder andere in Duitsland of Frankrijk gerecycled worden. De keuze voor een bepaald recyclingbedrijf is echter aan wijziging onderhevig. In 2005 werd in totaal 1642 ton zinkkoolstof en alkaline batterijen ingezameld in Nederland. Deze batterijen werden gerecycled door het bedrijf Redux in Duitsland en Valdi in Frankrijk.

Valdi claimt dat meer dan 70 % van de batterijmaterialen gerecycled worden. Het resulterende zinkoxide wordt gebruikt voor de productie van nieuwe batterijen. Daarnaast wordt ook ferromangaan teruggewonnen, dit wordt gebruikt om speciaal staal te produceren (AFE, 2007). In Duitsland wordt zink- en ijzerconcentraat teruggewonnen, dit wordt verkocht aan de metaalindustrie. Restproducten (slak) worden gebruikt in de stratenbouw (Redux, 2007).

Er opladers op de markt waarbij geclaimd wordt dat ze geschikt zijn om eenmalige alkalinebatterijen op te laden. Dit laatste willen we echter afraden met het oog op explosie- of brandgevaar (Buchmann, 2001).

3.2 Knoopcellen (zink-lucht, lithium, zilveroxide)

Batterijenmerken

Knoopcellen worden toegepast in kleine apparaten, zoals gehoorapparaten, piepers, speelgoed, horloges en analoge fotocamera's. Zink-lucht, lithium-mangaandioxide en zilveroxide knoopcellen worden hier besproken.

Een overzicht van de spanningen en energiedichtheden van deze knoopcellen wordt gegeven in tabel .

Tabel 3: Spanning, energiedichtheid en kosten van knoopcellen (bronnen: www.allebatterijen.nl, shop.conrad.nl)

	Spanning	Energie-dichtheid	Kosten (per batterij)	Capaciteit
Zink-lucht	1,4 V	390 Wh/kg	0,60 € - 1,15 €	90 mAh tot 630 mAh, kosten onafhankelijk van capaciteit
Zilveroxide	1,55 V	120 Wh/kg	1,95 € - 3,45 €	14 mAh tot 130 mAh
Lithium-mangaandioxide	3 V	260 Wh/kg	2,75 € - 4,75 €	25 tot 560 mAh

Voordelen zink-lucht cel:

- Van alle knoopcellen beschikt dit type over de meeste energie, de grootste capaciteit en de hoogste energiedichtheid
- Relatief vlakke ontladingscurve (op 1,2 – 1,3 V)
- Stabieler spanning dan zilveroxide knoopcellen bij hoge stroom, dit is belangrijk voor enkele apparaten zoals gehoorapparaten
- Relatief milieuvriendelijk
- Goedkoop

Nadelen zink-lucht cel:

- Korte levensduur na opening. De zink-lucht cel gebruikt zuurstof uit de lucht voor een reactie in de batterij. Dit betekent dat de reactie voortdurend doorgaat als de batterij uit de verpakking gehaald is (Pistoia, 2005; Buchmann, 2001)

Voordelen zilveroxide cel:

- De ontladcurve van zilveroxide is bijzonder vlak, met andere woorden er is weinig spanningsverval gedurende ontlading, waardoor het apparaat met de knoopcel blijft werken tot de knoopcel helemaal leeg is
- Kan goed tegen lage temperaturen
- Goed bestand tegen schokken, vibraties en versnellingen
- Behoudt meer dan 90 % van de energie na opslag bij 21 °C gedurende 5 jaar

Nadelen zilveroxide cel:

- Kan kwik bevatten (tot 2 %)
- Duurder dan zink-lucht

Voordelen lithium-mangaanoxide knoopcel:

- Hoge energiedichtheid
- Behoudt meer dan 95 % van de energie na opslag van 7 – 10 jaar bij kamertemperatuur

Toepassingen

Zink-luchtcellen zijn geschikt voor apparaten die een hoge stroom vragen en worden vooral gebruikt voor gehoortoestellen en piepers (Stibat, 2007; Maxell, 2007). Na opening gaan zink-luchtcellen een beperkt aantal maanden mee.

Zilveroxide knoopcellen worden gebruikt in onder andere horloges, fototoestellen en rekenmachines (Stibat, 2007; Maxell, 2007). Dit zijn apparaten met een lage stroomvraag.

Lithium-mangaanoxide knoopcellen worden gebruikt in (digitale) foto- en videocamera's, horloges en thermometers (Stibat, 2007; Maxell, 2007),

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

Op de verpakking en op de batterij zelf staat het batterijtype aangegeven. Er zijn veel verschillende formaten knoopcellen, het formaat staat op de verpakking en de batterij.

Milieuaspecten

Zink-lucht batterijen bevatten zink, teflon en kaliumhydroxide en zijn relatief milieuvriendelijk. Zilveroxide knoopcellen bevatten vaak een laag percentage kwik (tot 2 %), maar er zijn tegenwoordig ook kwikvrije zilveroxide knoopcellen. Als een knoopcel kwik bevat, dan dient er een kca-logo met daaronder Hg op de batterij te staan, aangezien kwik giftig is. Overigens is zilver een relatief schaars materiaal en het is niet duidelijk in hoeverre het zilver uit knoopcellen teruggewonnen wordt.

De milieuaspecten van lithium-mangaan knoopcellen zijn te vinden in §3.3.

Het energiegebruik voor de productie en de verpakking van knoopcellen is vele malen groter dan de energie-inhoud van de batterij. Voor de productie van zinklucht knoopcellen (met een capaciteit van 400 mAh) is tussen de 88 en 180 keer zoveel energie nodig dan in de batterij vastgelegd wordt. Voor de andere knoopcellen ligt dit nog hoger. Voor een zilveroxide knoopcel (170 mAh) is tussen de 220 en 528 keer zoveel energie nodig als de energie-inhoud van de batterij en voor een lithiummangaandioxide knoopcel (70 mAh) tussen de 543 en 755 maal zoveel energie (Scholl et al., 1997).

Kosten

Een overzicht van de kosten voor knoopcellen staat in tabel . Zink-lucht batterijen zijn het goedkoopste, maar hebben een korte levensduur.

Afvalfase

Knoopcellen moeten apart worden ingezameld. Knoopcellen kunnen worden verwerkt bij het bedrijf Batrec in Zwitserland. In 2005 heeft Stibat 15 ton knoopcellen bij dit bedrijf voor recycling aangeboden (Stibat, 2006).

3.3 Lithiumbatterijen

Batterijenmerken

Lithiumbatterijen zijn er in de vorm van knoopcellen, maar ook in de grotere batterijen. In tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de spanning en de energiedichtheid van de verschillende typen lithiumbatterijen. De energiedichtheid is ook afhankelijk van de vorm van de batterij. Op de verpakking van de batterij en op de batterij zelf staat de spanning.

Tabel 4: Karakteristieken van lithiumbatterijen (Linden and Reddy, 2002; Pistoia, 2005; www.allebatterijen.nl, shop.conrad.nl)

	<i>Spanning</i>	<i>Energie-dichtheid</i>	<i>Kosten (per batterij)</i>	<i>Capaciteit</i>
Lithium-mangaandioxide	3,0 V	240 Wh/kg	Vanaf ~ 4.00 €	Per 1000 mAh (grote knoopcellen, zeer afhankelijk van type cel)
Lithium-ijzerdisulfide	1,5 V	240 Wh/kg	2.50 - 4.83 €	2900 – 3000 mAh (AA-batterij)
Lithium-thionylchloride	3,6 V	550 Wh/kg	Vanaf ~ 2.00 €	Per 1000 mAh (zeer afhankelijk van type cel)

Voordelen van lithiumbatterijen:

- Hoge energiedichtheid
- Hoge spanning en vlakke ontladingscurve
- Lange houdbaarheid
- Grote temperatuurtolerantie
- Verschillende vormen

Nadelen van lithiumbatterijen:

- Relatief duur
- Zeer klein risico op spontane ontbranding of explosie

Veiligheid

Door de hoge energiedichtheid en de hoge reactiviteit van lithium bestaat er een klein risico op spontane ontbranding of explosie. Dit hoort niet te gebeuren als de batterij goed gebouwd is, maar in het verleden zijn er enkele incidenten geweest met batterijen in laptops en mobiele telefoons. De kans op een incident wordt geschat op één op een miljoen (Pistoia, 2005).

Toepassingen

Lithium-mangaandioxide batterijen zijn beschikbaar als knoopcellen, als cilindrische cellen en als vlakke prismatische cellen. De cilindrische cellen worden vooral gebruikt in:

- Elektronische en telecommunicatie apparatuur
- (Digitale) foto- en videocamera's
- Militaire toepassingen
- Beveiligingstoepassingen

Lithium-ijzerdisulfide batterijen zijn beschikbaar als AA en AAA-batterijen en kunnen voor dezelfde applicaties gebruikt worden als alkalinebatterijen:

- Draagbare CD en MP3-spelers
- Afstandbediening
- Fietslichtjes
- Zaklamp
- Radio
- Speelgoed
- Klok

Lithium-thionylchloride batterijen worden gebruikt in specifieke toepassingen voor:

- Medische apparatuur
- Telecommunicatie
- GPS
- Militaire toepassingen

(Linden and Reddy, 2002; Pistoia, 2005)

Milieuaspecten

Lithium batterijen bevatten naast lithium het materiaal waar de kathode van gemaakt is en een elektrolyt. Lithium zelf is niet erg giftig. De elektrolyt is meestal een organische vloeistof. Lithiumbatterijen bevatten geen zware metalen.

Kosten

Een overzicht van de indicatieve kosten van lithiumbatterijen wordt gegeven in tabel 4. De kosten zijn indicatief en verschillen zeer per type cel. De kosten voor lithiumbatterijen zijn hoger dan voor andere typen batterijen.

Afvalfase

Lithiumbatterijen kunnen in Zwitserland bij het bedrijf Batrec worden gerecycled. In totaal heeft Stibat in 2005 28 ton lithiumbatterijen, zowel eenmalige als oplaadbare, voor recycling aan dat bedrijf aangeboden (Stibat, 2006). De recycling producten zijn onder andere lithium, mangaandioxide en plastics (Batrec, 2007).

3.4 Nieuwe ontwikkeling

Een interessante nieuwe ontwikkeling is de "bio-batterij" van Sony die suiker omzet in elektrische energie. Een prototype van dit product is in 2007 gedemonstreerd maar voorlopig nog niet op de markt (Sony, 2007).

3.5 Deelsamenvatting

De *alkalinebatterij* is tegenwoordig het meest verkochte batterijtype. De batterij heeft een goede kosten/baten verhouding in vergelijking met andere eenmalige batterijen. Tevens heeft de alkalinebatterij een lange levensduur, ook als de batterij ongebruikt op de plank ligt. Een alkalinebatterij kan in veel apparaten gebruikt worden, zoals een MP3- of CD-speler, radio, fietslichtjes of een afstandbediening. Het is aan te raden om een alkalinebatterij te gebruiken bij apparaten met een zeer laag stroomverbruik, dus die lang met een batterij doen. Dit geldt voor bijvoorbeeld een klok of een afstandbediening. Voor apparaten met een hoger stroomverbruik, zoals een MP3-speler, is het goedkoper en milieuvriendelijker om oplaadbare batterijen te gebruiken. Tabel 5 toont de soorten eenmalige batterijen met de eigenschappen.

Knoopcellen worden vooral gebruikt in gehoorapparaten, horloges, piepers, rekenmachines en analoge fotocamera's. *Zinklucht knoopcellen* zijn geschikt voor apparaten die een relatief hoge stroom vragen. Dit geldt voor bijvoorbeeld gehoorapparaten. Deze batterijen zijn goedkoop en relatief milieuvriendelijk. *Zilveroxide knoopcellen* gaan lang mee en zijn geschikt voor apparaten met een lage stroomvraag, zoals horloges. Wel kunnen deze knoopcellen kwik bevatten. Het is beter voor het milieu om zilveroxide knoopcellen zonder kwik te kopen. Zilveroxide knoopcellen zijn duurder dan zinklucht knoopcellen. *Lithiummangaandioxide knoopcellen* zijn het duurst, maar gaan erg lang mee en zijn ook geschikt voor apparaten met een hogere stroomvraag.

Eenmalige *lithiumbatterijen* hebben een hoge energiedichtheid en hebben een lange levensduur, ook als ze niet gebruikt worden. Eenmalige lithiumbatterijen zijn relatief duur. In dit hoofdstuk zijn drie typen eenmalige lithiumbatterijen besproken: lithiummangaandioxide, lithiumijzerdisulfide en lithiumthionylchloride batterijen. *Lithiummangaandioxide batterijen* worden bijvoorbeeld gebruikt in elektronische en telecommunicatie apparatuur (digitale) foto- en videocamera's. *Lithiumijzerdisulfide batterijen* kunnen gebruikt worden in allerlei apparatuur, van MP3 en CD-spelers tot radio's etc. *Lithiumthionylchloride batterijen* worden gebruikt in specifieke toepassingen voor bijvoorbeeld medische apparatuur, telecommunicatie of GPS.

Tabel 5: Overzicht eenmalige batterijen (Maxell, 2007; Pistoia, 2005; Stibat, 2007)

Type	Samenstelling	Toepassing	Kosten in € per batterij	Voltagage in Volt	Energiedichtheid in Wh/kg	Capaciteit in mAh	Opmerkingen
Alkaline (in diverse maten)	Zink en mangaandioxide	apparaten met hoog stroomverbruik	Vanaf ~ 4,00	1,5	145	AAA: 1100 – 1259 AA: 2500 - 2850	Lange levensduur, Relatief goedkoop
Zink-lucht (knoopcel)	Lucht en zink	piepers, gehoorapparaten.	0,60-1,15	1,4	390	90-630	
Lithium (knoopcel)	Lithium, mangaandioxide	film en fotoapparatuur	2,75-4,75	3,0	260	25-560	
Zilver-oxide (knoopcel)	Zilveroxide en Zink	horloges, reken-machines	1,95-3,45	1,55	120	14-130	
Lithium (in diverse maten)	Lithium ijzerdioxide	video, foto, CD-speler etc	2,50- 4,83	1,5	240	2900 – 3000	Vlakke ontladings-curve, lang houdbaar
	Lithium mangaandioxide	camera's	Vanaf ~ 4,00	3,0	240	Per 1000	
	Lithium thionylchloride	Alarminstallaties, professionele toepassingen.	Vanaf ~ 2,00	3,6	550	Per 1000	

De samenstelling van de batterijen staat niet altijd helemaal duidelijk op de verpakking. De benaming "alkaline" bijvoorbeeld staat er niet altijd vermeld. Dit maakt het moeilijker voor de consument om een keuze te maken uit de verschillende typen batterijen.

Uit milieuoogpunt kunnen voor veelgebruikte apparaten beter oplaadbare batterijen gebruikt worden. Zie ook hoofdstuk 4. Voor apparaten die weinig worden gebruikt zijn eenmalige lithiumbatterijen geschikt omdat deze de minst schadelijke stoffen bevatten.

Hoofdstuk 4

Oplaadbare batterijen

NiCd-batterijen (paragraaf 4.1) worden sinds de jaren '50 in Europa gebruikt. In Nederland is het gebruik sinds de jaren '90 sterk afgenomen, vanwege de toename van het gebruik van nikkel-metaalhydride (NiMH) en lithium-ion (Li-ion) batterijen. NiCd-batterijen worden per september 2008 verboden, uitgezonderd speciale toepassingen met een hoog energiegebruik zoals medische toepassingen, hoogalarmsystemen en draadloze elektrische gereedschappen (Consumentenbond, 2007). Deze batterijen worden gebruikt geïntegreerd in een apparaat of als losse, meestal AA of AAA batterijen. De eersten worden opgeladen met een speciale lader (docks*) waar je het toestel in zet (zie paragraaf 5.2). De losse batterijen worden opgeladen in batterijopladers (zie paragraaf 5.1) (Consumentenbond, 2007).

NiMH-batterijen (paragraaf 4.2) zijn de milieuvriendelijkere opvolgers van de NiCd-batterijen. Ze worden vooral als universele AA of AAA batterijen verkocht. Deze batterijen worden opgeladen met losse, universele batterijopladers (zie paragraaf 5.1).

Li-batterijen (paragraaf 4.3) zijn de nieuwste type batterijen, ontwikkeld voor mobiele elektronica met hoog stroomgebruik zoals gsm's, laptops etc. Het opladen van Li-batterijen worden opgeladen met een speciale lader. Bij veel apparaten gebeurt dit via een kabeltje tussen apparaat en stopcontact en soms met laadstation* (zie paragraaf 5.2).

Er zijn tegenwoordig ook oplaadbare alkalinebatterijen (RAM = Rechargeable Alkaline Manganese) te koop. Ze kunnen worden opgeladen met speciale opladers. Voordeel van dit type batterij is de hogere spanning (1,5 V) in vergelijking met NiMH batterijen (1,2 V), de lage zelf-ontlading en de lage kosten. Nadeel is dat de RAM batterijen een veel kortere levensduur hebben dan NiMH en Li-batterijen. Eén producent meldt dat ze gemiddeld 25x en maximaal 100x herlaadbaar zijn (Buchmann, 2001).

4.1 Nikkel-cadmium (NiCd)

Batterijenmerken

Een NiCd-batterij heeft een spanning van ongeveer 1,25 V. De energiedichtheid van deze batterijen is ongeveer 35 Wh/kg (Linden and Reddy, 2002). De capaciteit van een AA NiCd-batterij ligt over het algemeen tussen de 600 en 1000 mAh.

NiCd-batterijen hebben last van een geheugeneffect*. Het geheugeneffect is het verlies aan capaciteit dat optreedt wanneer de batterij steeds weer wordt opgeladen voordat deze helemaal leeg was. De volledige capaciteit kan teruggewonnen worden door de batterij een aantal keer volledig te ontladen en op te laden. De NiCd-batterijen kunnen bij goed op- en ontladen meer dan 1000 keer worden opgeladen.

De voordelen van NiCd-batterijen (Buchmann, 2001; Linden and Reddy, 2002):

- Hoog aantal laad/ontladingscycli
- Lange levensduur
- Presteert goed bij lage temperatuur
- Goedkoop

De nadelen van NiCd-batterijen:

- Lage energiedichtheid
- Geheugeneffect*
- Niet milieuvriendelijk, bevat het zware metaal cadmium, wordt daarom voor veel toepassingen in 2008 verboden
- Relatief hoge zelfontlading*. Als ze niet gebruikt worden raken ze leeg na 3 – 6 maanden (Pistoia, 2005; Buchmann, 2001)

Toepassingen

NiCd-batterijen worden verboden in de Europese Unie vanaf september 2008. Dit geldt niet voor alarmsystemen, medische toepassingen en (voorlopig) draadloze elektrische gereedschappen (Europees Parlement and Raad van de Europese Unie, 2006). Bij voorkeur worden andere batterijen zonder zware metalen gebruikt.

Momenteel worden NiCd-batterijen onder andere gebruikt in de volgende apparaten:

- Draadloos gereedschap (bijvoorbeeld een accuboer)
- Elektrische tandenborstels
- Draadloze telefoons
- Draagbare audiovisuele apparatuur
- Elektrische fietsen
- Radio's
- Medische instrumenten
- CD-spelers

(Maxell, 2007; Stibat, 2007)

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

NiCd-batterijen worden met cilindrische vorm (AA-batterijen) of met prismatische vorm verkocht. Op de verpakking van de batterijen en op de batterijen zelf staat een indicatie van het type batterij (NiCd). Verder staat er een kca-logo op de batterij (zie §2.6) omdat er cadmium in de batterij zit.

Milieuaspecten

Een NiCd-batterij bestaat voor ongeveer 39 % uit staal, 21 % nikkel en 16 % cadmium. Verder bevat de batterij hydroxides (8 %), water (8 %), een kaliumhydroxideoplossing (4 %), wat plastics en kobalt (0,5 %) (Rydh and Karlstrom, 2002).

Cadmium is giftig. Als NiCd-batterijen in de bodem belandt, leidt dit tot verontreiniging van het grondwater met cadmium (Rydh and Karlstrom, 2002).

Het energiegebruik voor de productie en het opladen van NiCd-batterijen is groter dan de energie-inhoud van de batterij. Als de batterijen tijdens hun levensduur 1000 keer opgeladen worden is 8 keer zoveel energie nodig voor het produceren en opladen van batterijen als de energie-inhoud van de batterij. Dit is tussen de 15 en 18 keer als de batterij maar 100 keer opgeladen wordt voor ze worden afgedankt. Dit geldt voor AA NiCd-batterijen van 750 mAh (Scholl et al., 1997).

Kosten

NiCd-batterijen kosten tussen de € 1,65 en € 2,20 voor één AA-batterij.

Een oplaadbare NiCd-batterij is goedkoper als die minimaal 21 keer opgeladen wordt bij kosten van de eenmalige batterij van € 0,25 of minimaal 4 keer bij kosten van de eenmalige batterij van € 1,25. Aangezien oplaadbare batterijen meer dan 21 keer kunnen worden opgeladen zijn deze dus vrijwel altijd goedkoper dan eenmalige batterijen.

Deze vergelijking is gemaakt met de volgende aannames en berekening:

- Oplaadbare NiCd-batterij van 1000 mAh voor € 2 per stuk
- Opladen kost 0,4 €cent per batterij per keer opladen (zie §5.1 milieuaspecten)
- Eenmalige alkaline batterij van 2500 mAh voor € 0,25 en € 1,25 per stuk

(Berekening: per nieuwe alkaline batterij van 2500 mAh moet de oplaadbare batterij (=1000 mAh) 2,5 keer worden opgeladen, dus aantal batterijen=aantal keer opladen/2,5. De kosten hiervan zijn € 2 + € 0,004*aantal keer opladen= € 0,25*aantal keer opladen/2,5=> minimaal aantal keer opladen = 2/0,096=21 keer wanneer de kosten voor de eenmalige batterij 0,25 cent bedragen.)

Vergeleken met elektriciteit uit het net is het gebruik van oplaadbare NiCd-batterijen duur:

Aanname: 800 mAh, 1,2V, een batterij gaat ruim 1000 keer laden mee,

(Berekening: een keer opladen is $(0,8 \cdot 1,2) = 0,96$ Wh = 0,00096 kWh. Voor 1 kWh wordt de batterij dus $(1/0,00096) = 1042$ keer opgeladen, en is hij aan het eind van zijn levensduur. De kosten van het opladen zijn dan $1042 \cdot 0,4$ €cent = 4 €. Tezamen met de aanschafkosten van de batterij à € 2 is dat totaal € 6 voor 1 kWh aan stroom. Omdat stroom uit het net ca. € 0,22 per kWh kost, is de NiCd batterij $(6/0,22) =$ ongeveer 27 keer zo duur als stroom uit het stopcontact.

Afvalfase

NiCd-batterijen worden na gebruik gescheiden ingezameld. In 2005 is er 180 ton NiCd-batterijen ingezameld. Deze batterijen kunnen worden verwerkt bij SNAM in Frankrijk of Accurec in Duitsland. Cadmium en ferronikkel worden uit de batterijen teruggewonnen (Stibat, 2006). 76 % van het gewichtpercentage van NiCd-

batterijen kan gerecycled worden. Nikkel en ijzer wordt voor 100 % teruggewonnen, cadmium voor maximaal 99,97 %. Uit de verbranding van plastics wordt warmte teruggewonnen (Rydh and Karlstrom, 2002). Het gerecyclede cadmium is 99,99 % zuiver en kan weer als grondstof gebruikt worden, bijvoorbeeld voor nieuwe batterijen (SNAM, 2007).

Vanaf 26 september 2010 moet het inzamelingsrendement van NiCd-batterijen minimaal 75 % zijn (Europees Parlement and Raad van de Europese Unie, 2006). Dit geldt uiteraard voor gebruik van NiCd-batterijen voor de uitgezonderde apparaten op het verbod.

4.2 Nikkel-metaalhydride (NiMH)

Batterijenmerken

NiMH-batterijen kunnen uit verschillende gemengde metalen bestaan, o.a. Nikkel, Lanthanide, Zirconium, Vanadium. Een NiMH-batterij heeft een spanning van 1,2 V. De energiedichtheid van NiMH-batterijen is ongeveer 80 Wh/kg (Pistoia, 2005). De capaciteit van AA batterijen varieert sterk tussen de 1000 en 2700 mAh. Het is dus belangrijk om bij aanschaf van NiMH-batterijen op de capaciteit te letten. NiMH-batterijen kunnen meer dan 500 keer ontladen en opgeladen worden. Het aantal cycli neemt echter sterk af bij te hoge temperaturen (Pistoia, 2005).

NiCd-batterijen wordt steeds meer vervangen door NiMH-batterijen, aangezien dit type een hogere energiedichtheid per volume heeft. Daarnaast heeft dit type batterij geen last van het zogenaamde 'geheugen-effect' (Stibat, 2007).

Er worden verschillende voordelen van NiMH-batterijen genoemd (Linden and Reddy, 2002):

- Hogere capaciteit dan NiCd-batterijen
- Cadmium-vrij, dus beter voor het milieu
- Snelle oplaadbaarheid

Als nadelen van NiMH-batterijen wordt genoemd:

- Prestatie bij hoog stroomverbruik is niet zo goed als bij NiCd-batterijen
- Hogere zelfontlading vooral bij hogere temperaturen dan NiCd. Als ze niet gebruikt worden raken ze leeg na ongeveer 3-4 maanden (Consumentenbond, 2007)
- Hogere kosten dan NiCd
- Minder vaak oplaadbaar dan NiCd en Li-ion batterijen (dit verbetert wel)

Recent is er een nieuw type NiMH batterij op de markt gebracht, onder andere door Sanyo, dat een veel lagere zelfontlading zou hebben dan de oudere types. Bij dit type zou de batterij na een half jaar bewaren bij 20 °C nog een 90% van zijn oorspronkelijke lading hebben en na één jaar nog 85% (www.eneloop.info). Momenteel is er één type, de Eneloop van Sanyo, maar andere fabrikanten zijn er ook mee bezig. Zeker niet alle nieuw gekochte batterijen zijn van dit type. Het nieuwe type is te herkennen aan de lage zelfontlading: "low self-discharge".

Toepassingen

NiMH-batterijen zijn geschikt voor onder andere:

- Draagbare CD en MP3-spelers
- Afstandbediening
- Fietslichtjes
- Zaklamp
- Radio
- Speelgoed
- Mobiele telefoons
- Laptops

NiMH-batterijen zijn minder geschikt voor toepassingen met een hoog energieverbruik, zoals draadloos gereedschap (Linden and Reddy, 2002).

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

NiMH-batterijen worden vooral verkocht met een cilindrische vorm, zoals het AA en AAA type. De batterijen zijn ook beschikbaar in prismatische vorm voor onder andere mobiele telefoons en laptops. Op de verpakking van de batterijen en op de batterijen zelf staat een indicatie van het type batterij, meestal is dit NiMH.

Milieuaspecten

NiMH-batterijen bevatten verschillende metalen. Het energiegebruik voor de productie en het opladen van NiMH-batterijen is groter dan de energie-inhoud van de batterij. Als we de batterij gedurende zijn levensduur 1000 maal opladen, is ongeveer 8 keer zoveel energie nodig voor het produceren en opladen van batterijen als de energie-inhoud van de batterij. Deze factor is tussen de 14 en 16 keer als de batterij maar 100 keer opgeladen wordt. Dit geldt voor AA NiMH-batterijen met een capaciteit van 1000 mAh. Hoe vaker de batterij opgeladen wordt, hoe minder het energiegebruik voor de productie van NiMH-batterijen een rol speelt (Scholl et al., 1997). Noot: deze data komt uit 1997, inmiddels is de capaciteit van NiMH batterijen ongeveer 2500 mAh, daardoor is de milieu-impact waarschijnlijk kleiner.

Kosten

De prijs van NiMH-batterijen ligt tussen de € 1,50 en € 5 per stuk.

Een oplaadbare NiMH-batterij is goedkoper als die minimaal 21 keer opgeladen wordt bij kosten van de eenmalige batterij van € 0,25 en € 5 voor de oplaadbare batterij of minimaal 4 keer bij kosten van de eenmalige batterij van € 1,25. Als de oplaadbare batterij goedkoper is dan € 5 wordt deze nog sneller terugverdiend. Aangezien oplaadbare batterijen meer dan 21 keer kunnen worden opgeladen zijn deze dus vrijwel altijd goedkoper dan eenmalige batterijen.

Bij deze vergelijking is gemaakt met de volgende aannames en berekening:

- Oplaadbare NiMH-batterij van 2500 mAh voor € 5 per stuk
- Eenmalige alkaline batterij van 2500 mAh voor € 0,25 tot € 1,00 per stuk
- Opladen kost 0,4 €cent per batterij per keer opladen (zie §5.1 milieuaspecten)

Berekening: (aantal keer opladen=aantal batterijen) $5 + 0,004 \cdot \text{aantal batterijen} = 0,25 \cdot \text{aantal batterijen} \Rightarrow$
aantal keer opladen = $5/0,246 = 21$ keer bij de kosten van 0,25 cent voor de eenmalige batterij.

Vergeleken met elektriciteit van het net is het gebruik van oplaadbare NiMH-batterijen duur:

Aanname: 2500 mAh, 1,2V, een batterij gaat 500 keer laden mee,

Berekening: een keer opladen is $(2,5 \cdot 1,2 =) 3 \text{ Wh} = 0,003 \text{ kWh}$. Voor 1 kWh wordt de batterij dus $(1/0,003 =) 333$ keer opgeladen. Dit kost $333 \cdot 0,4 \text{ €cent} = 1,33 \text{ €}$ + kosten batterij van 5 € = 6,33 €. Dit is $(6,33/0,22 =)$ ongeveer 29 keer zo duur als stroom uit het stopcontact.

Afvalfase

NiMH-batterijen worden apart ingezameld. Het recycleproduct is ferronikkel. De batterijen kunnen worden gerecycled in Frankrijk bij SNAM en bij Redux in Duitsland.. In 2005 werd er 37 ton NiMH-batterijen door Stibat bij SNAM ter recycling aangeboden (Stibat, 2006).

4.3 Lithium-ion (Li-ion) en Lithium-polymeer (LiPo)

Batterijenmerken

LiPo-batterijen zijn de nieuwste type batterijen. Het voordeel van LiPo-cellen is dat ze lekvrij, flexibel en heel erg dun kunnen zijn. LiPo-batterijen zijn tussen de 2 en 4 mm. Li-ion en LiPo batterijen hebben een hoge energiedichtheid van 130-190 Wh/kg en een hoge spanning van 3,7 V (Pistoia, 2005).

Een Li-ion en LiPo batterij kan meer dan 1000 ontladings/opladingscycli doorlopen. Bij hoge temperaturen hebben Li-batterijen last van een verouderingseffect*. Als de batterij zes maanden opgeslagen wordt bij een temperatuur van 40°C bedraagt het capaciteitsverlies 40 %. De oplaadtijd van Li-ion en LiPo-batterijen is normaal 2-3 uur (Pistoia, 2005).

Voordelen van Li-ion en LiPo (Pistoia, 2005):

- Hoge energiedichtheid
- Lage zelfontlading. Als ze niet gebruikt worden raken ze leeg na ongeveer 10-20 maanden (Consumentenbond, 2007)
- Lange levensduur
- Onderhoudsvrij
- Geen geheugeneffect*
- Tamelijk goede prestaties bij hoog energieverbruik
- Mogelijkheid voor dunne lagen
- Lekken niet (Consumentenbond, 2007)

Nadelen:

- Relatief hoge aanschafkosten
- Noodzaak voor beveiligingscircuit om overladen en over ontladen en excessieve temperatuurstijging te voorkomen, dit zit standaard in alle Li-ion batterijopladers
- Degradatie bij hoge temperaturen
- Lager vermogen dan NiCd- en NiMH-batterijen bij lage temperaturen

Consumententips voor een lange levensduur van Li-batterijen:

- Zorg ervoor dat de batterijen niet worden bewaard bij temperaturen onder de 0 en boven de 40 graden. Om deze reden zou het bij een notebook computer de voorkeur verdienen om de batterij te verwijderen wanneer men voor langere tijd de computer met de adapter uit het lichtnet voedt
- Probeer de batterijen niet helemaal leeg te laten gaan. Vroegtijdig bijladen is beter, maar laadt ook niet te snel bij want ook het aantal laadcycli is bepalend voor de levensduur (Consumentenbond, 2007)

Toepassingen

Li-ion batterijen worden vooral gebruikt in:

- Digitale agenda's (PDA)
- Digitale fotocamera's
- Digitale filmcamera's
- Mobiele telefoons
- Notebooks, laptops
- MP3-spelers

LiPo-batterijen worden vooral gebruikt in:

- Digitale agenda's (PDA)
- Notebooks, Laptops
- Mobiele telefoons
- MP3-spelers

(Stibat, 2007; Maxell, 2007)

Oplaadbare lithiumbatterijen worden vanwege de hogere kosten in duurdere toepassingen gebruikt. Omdat deze batterijen een hogere energiedichtheid hebben dan andere oplaadbare batterijen, zijn deze batterijen bij dezelfde capaciteit lichter en kleiner. Dit is belangrijk bij dure apparaten, als mobiele telefoons en notebooks.

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

Li-ion- en LiPo-batterijen zijn beschikbaar in cilindrische en in prismatische vorm. In laptops worden soms pakketten cilindrische batterijen gebruikt. Op de batterij staat de informatie dat het een Li-ion of LiPo-batterij is.

Milieuaspecten

Li-ion- en LiPo-batterijen bevatten geen zware materialen. De elektrolyten zijn organische vloeistoffen, die geen risico voor het milieu kunnen vormen. De energetische-efficiëntie* is beter dan die van NiMH-batterijen (Rydh, 2002).

Kosten

Li-ion en LiPo-batterijen zijn duurder dan de meeste andere batterijen. Batterijen voor mobiele telefoons zijn beschikbaar vanaf ongeveer € 20, maar de prijzen variëren per batterijtype. Batterijen (accu's) voor laptops zijn te koop vanaf ongeveer € 100.

Afvalfase

Li-ion- en LiPo-batterijen worden apart ingezameld. In 2005 werd 28 ton lithiumbatterijen batterijen ingezameld. Het lithium kan worden gerecycled bij het bedrijf Batrec in Zwitserland (Stibat, 2006). De recyclingproducten zijn onder andere nikkelmetaal, kobalt, plastics metalen.

4.4 Deelsamenvatting

Nikkel-cadmiumbatterijen (NiCd) worden nog gebruikt voor draadloos gereedschap, en soms als oplaadbare batterijen. Voor de oplaadbare batterijen is de markt steeds meer overgenomen door NiMH-batterijen. NiCd-batterijen zijn relatief goedkoop en kunnen veel op/ontladingscycli doorlopen. Wel hebben ze maar een lage energiedichtheid en ze hebben last van een geheugeneffect. Nikkel-cadmiumbatterijen moeten helemaal leeg zijn voor ze opgeladen worden. NiCd-batterijen bevatten zeer giftig cadmium. Als batterijen in een afvalverbrandingsinstallatie terecht komen kunnen er schadelijke emissies ontstaan. NiCd-batterijen kunnen gerecycled worden met hoge terugwinning van cadmium en ferronikkel. NiCd-batterijen worden verboden per september 2008. Dit geldt niet voor NiCd-batterijen of accu's in alarmsystemen, medische toepassingen of (voorlopig) draadloze elektrische gereedschappen

Nikkel-metaalhydrie-batterijen (NiMH) worden steeds meer gebruikt als vervanging van NiCd-batterijen. NiMH-batterijen hebben tegenwoordig een hogere capaciteit dan NiCd-batterijen, bovendien zijn ze milieuvriendelijker. NiMH-batterijen zijn snel oplaadbaar en hebben een lange levensduur. Een nadeel is dat de prestatie bij hoogstroomverbruik, niet zo goed is en dat er bij hoge temperaturen een hoge zelfontlading is. NiMH-batterijen iets duurder dan NiCd-batterijen. NiMH-batterijen zijn geschikt voor bijvoorbeeld draagbare MP3-spelers, fietslichtjes, afstandsbedieningen en mobiele telefoons. Ze worden vooral in cilindrische vorm verkocht, als AA of AAA batterijen. Bij apparaten die weinig gebruikt worden of een heel laag stroomverbruik hebben, zoals klokken en rekenmachines kunnen beter eenmalige batterijen gebruikt worden.

Lithium-ionbatterijen (Li-ion) en *lithiumpolimeerbatterijen* (Li-Po) zijn geschikt voor mobiele telefoons en laptops. De batterijen hebben een veel hogere energiedichtheid dan NiMH- en NiCd-batterijen. Bovendien hebben ze een lage zelfontlading, kunnen ze vaak gebruikt worden (meer dan 1000 keer op/ontladen) en hebben ze geen last van het geheugeneffect. Li-ion- en LiPo-batterijen zijn duur en functioneren minder goed bij lage temperaturen. Ook hebben ze last van veroudering.

Oplaadbare *alkaline* batterijen zijn goedkoop in aanschaf maar hebben een beperkte levensduur (25-100x herladen). NiMH oplaadbare batterijen – zeker de nieuwere types met lage zelfontlading – of Li-ion batterijen verdienen dan toch de voorkeur.

Tabel 6: Overzicht oplaadbare batterijen (Maxell, 2007; Pistoia, 2005; Stibat, 2007)

Type	Samenstelling	Formaat	Toepassing	Kosten in € per batterij	Voltage in Volt	Energiedichtheid in Wh/kg	Capaciteit in mAh	Opmerkingen
Nikkel-cadmium (NiCd)	Nikkelhydroxide en cadmium	AA, AAA	Digitale camera's, mp3/CD-spelers	1,65-2,20	1,2	35	600-1000	Bevat toxische metalen (cadmium), heeft last van geheugeneffect*
Nikkel-metaalhydride (NiMH)	Nikkelhydroxide en waterstof-absorberend allooï	AA, AAA	Digitale camera's, mp3/CD-spelers, gereedschap	1,5 - 5	1,25	80	1000-2700	Kortere levensduur en hogere zelfontlading dan NiCd
Lithium-ion (Li-ion) en Lithiumpolymeer (LiPo)	Lithiumkobaaloxide en koolstof lithiummangaanoxide en polymeergel	Blokje Plat	Digitale camera's, telefoons, notebooks, mp3-spelers	20 en hoger	3,7	130-190		Lage zelfontlading hoge energiedichtheid, duurder dan NiMH en NiCd

Meestal wordt op de verpakking van losse oplaadbare batterijen het type batterij genoemd. Op apparaten of speelgoed met een geïntegreerde batterij, met een oplader, wordt vaak geen melding gedaan van het type batterij. Hierbij is het daarom moeilijk voor de consument om een bewuste keuze te maken.

Hoofdstuk 5

Opladers

Er zijn losse opladers waarmee losse NiCd en NiMH batterijen, meestal AA of AAA batterijen kunnen worden opgeladen. Deze opladers worden beschreven in paragraaf 5.1. Opladers voor lithiumbatterijen of accu's en sommige opladers voor NiCd-batterijen zijn veel specifiek en worden vaak bij het apparaat met ingebouwde batterij (accu) geleverd. Deze opladers worden beschreven in paragraaf 5.2.

5.1 Opladers voor oplaadbare batterijen

Typen opladers

Er zijn drie types opladers voor nikkelbatterijen: langzame, snellere en zeer snelle opladers. Niet elke oplader kan voor elk type batterij gebruikt worden. Vaak kan een oplader voor NiMH-batterijen ook NiCd-batterijen opladen, maar niet andersom.

Langzame of normale opladers hebben een oplaadtijd van 12 tot 16 uur. Meestal is er een LED-indicatie voor volledig geladen batterijen. De batterij hoeft niet meteen na het volledig laden uit de oplader gehaald te worden, maar bij voorkeur wel zo snel mogelijk. De batterij mag niet warmer dan 40-50 °C worden. Opladers zonder goede regeling kunnen de batterijen te ver opladen en dit is voor de meeste batterijen schadelijk.

Snelladers laden de batterijen in 1 tot 4 uur op (Consumentenbond, 2006b). Een controlemechanisme beëindigt het opladen als de batterij klaar is. Bij snelladers is het belangrijk dat de batterijtemperatuur niet te ver oploopt (Buchmann, 2001). Een temperatuur controlemechanisme is dan raadzaam omdat de capaciteit permanent sterk afneemt als de temperatuur te hoog (>30°C) of te laag (<10°C) wordt.

Supersnelladers laden batterijen in minder dan een half uur tijd (Consumentenbond, 2006b). Deze opladers zijn duurder. Sommige opladers identificeren het type batterij en de capaciteit digitaal, om de correcte oplaadstroom te bepalen. De consumentenbond meldt dat de prestaties niet altijd heel goed zijn, batterijen worden niet altijd volledig opgeladen (Consumentenbond, 2006b). Ook wordt gesteld dat herhaaldelijk snel laden de prestatie of de levensduur van de batterij zal doen verminderen (<http://www.eneloop.de/363.html>, Consumentenbond, 2006b). Tenslotte is bij supersnelladers een temperatuur controlemechanisme onmisbaar.

Tenslotte zijn er opladers op de markt die claimen dat ze geschikt zijn om standaard (niet-oplaadbare) alkaline batterijen opnieuw te laden. In verband met het brand- of explosiegevaar moet dit echter sterk worden afgeraden.

Onderhoud

Het is belangrijk om de contacten, waar de plus en de minpool van de batterij de oplader raken, schoon te houden met bijvoorbeeld een stofdoekje. Verder is het belangrijk om de gebruiksaanwijzing bij de batterijopladers goed te lezen.

Beschikbaarheid/gangbaarheid/hoe te herkennen

Opladers zijn verkrijgbaar in veel verschillende soorten en maten. Op de verpakking wordt aangegeven voor welk type batterijen en hoe lang de laadtijd van de batterijen is (Consumentenbond, 2006b).

Milieuaspecten

De milieuaspecten van de oplader hangen vooral samen met het energieverbruik tijdens het opladen en het energieverbruik als de oplader na het laden in het stopcontact blijft zitten. De energetische-efficiëntie* van een batterijoplader geeft aan hoeveel van de door de oplader verbruikte elektriciteit in de batterij zelf komt. De rest gaat als warmte verloren. De energetische-efficiëntie van losse batterijopladers is tussen de 6 en 40 % (Foster, 2003). Het elektriciteitsverbruik voor het opladen van batterijen afhankelijk van deze energetische-efficiëntie, hetgeen afhankelijk is van de batterijoplader en de batterijen. De Consumentenbond heeft een gemiddeld energiegebruik voor het opladen van 0,018 kWh = 0,4 €cent per batterij gemeten (Consumentenbond, 2006a). Helaas is het voor de consument onmogelijk om in de winkel onderscheid te maken tussen efficiënte en inefficiënte laders.

Het vermogen tijdens het opladen van de batterijen is afhankelijk van de laadsnelheid en de energetische-efficiëntie van de lader. Dit varieert grofweg tussen 5 W voor een langzame lader en 70 W voor een 15 minutenlader. Het vermogen in standby is tussen de 0 en de 2 W, met bij soms een uitschieter naar de 8 W (Foster, 2003). Gemiddeld is het standby-verbruik van opladers zo'n 2 W. Helaas is het voor de consument bij de aanschaf niet te achterhalen hoeveel dat standby verbruik is. Moderne opladers zonder transformator zijn in het algemeen energiezuiniger dan de ouderwetse opladers met een zwaardere transformator. Overigens zijn er initiatieven om het standby-verbruik van opladers te reduceren en het rendement te verhogen door middel van afspraken tussen producenten.

Kosten

Supersnelladers kosten tussen de € 25 en € 70.

Snelladers kosten tussen de € 25 en € 65.

Langzame laders kosten tussen de € 5 en € 20.

Afvalfase

Batterijopladers en apparaten met een batterij er in, zoals een elektrische tandenborstel, mogen niet bij het gewone huisvuil, maar worden apart ingezameld bij wit en bruingoed. Deze opladers en apparaten kunnen ingeleverd worden bij de gemeente of bij de winkel waar een nieuwe batterijoplader of apparaat gekocht wordt (VROM, 2007).

5.2 Opladers voor apparaten met een geïntegreerde batterij of accu

Toepassingen

Opladers voor apparaten met een geïntegreerde batterij of accu worden meestal bij het apparaat geleverd. Dit geldt voor bijvoorbeeld ipod's, laptops en mobiele telefoons, maar ook voor een accuboor. De oplaadtijd is meestal enkele uren. Bij veel producten met een geïntegreerde batterij heeft de consument geen keuze in het type batterij. Dan zijn alleen de gebruiks- en afdanktips van belang.

Er zijn ook handopladers en opladers met zonnecellen. Deze opladers krijgen batterijen of accu's wel vol, maar ze doen er lang over. Bij handopladers moet er lang gedraaid worden om de batterij vol te krijgen. Het werkt wel goed als backup voor als de batterij op is en de consument nog net even meer nodig heeft. Zonnepaneeltjes zijn meestal zo klein dat ze er dagen (soms weken) over doen. Een groter paneel van 30 x 80 cm (10 watt; circa €200) kan in volle zon 4 AA-batterijen van 2500 mAh in ongeveer 2 uur opladen.

Milieuaspecten

Het opladen van apparaten met ingebouwde batterij, zoals laptops of mobiele telefoons, is energiezuiniger, dan het opladen van batterijen in een losse oplader. De energetische efficiëntie* van het opladen van mobiele telefoons tijdens het laden was gemiddeld 62 % in 2004. Het gemiddelde standby vermogen van de oplader voor mobiele telefoons was 0.2 W en het vermogen tijdens het opladen was ongeveer 5 W (Ostendorp, 2004).

Kosten

De kosten van de opladers zijn bij de aanschaf van het apparaat inbegrepen. Als een nieuwe oplader aangeschaft moet worden, verschilt de prijs per type applicatie sterk.

Afvalfase

Batterijopladers mogen niet bij het huisvuil, maar worden apart ingezameld bij wit en bruingoed. Deze apparaten kunnen ingeleverd worden bij de gemeente of bij de winkel waar een nieuwe batterijoplader gekocht wordt (VROM, 2007).

5.3 Deelsamenvatting

Batterijopladers zijn verkrijgbaar in veel soorten en maten. Langzame opladers laden een batterij van 2500 mAh binnen 12 tot 16 uur, snelladers doen dat in 1 tot 4 uur en supersnelladers in ongeveer een half uur. Gewone snelladers zijn het beste voor de houdbaarheid van de batterijen. Snelladers en supersnelladers zijn duurder dan langzame laders. Batterijopladers worden bij het afval ingezameld bij het wit en bruingoed.

Het energiegebruik van batterijopladers varieert per merk en type oplader en batterijen. Het gemiddelde energiegebruik voor het opladen is 0,018 kWh per batterij. Omdat laadapparaten altijd een zeker standby-verbruik hebben, is het belangrijk om de lader na gebruik van het lichtnet los te koppelen.

Opladers voor apparaten met ingebouwde batterij worden meestal standaard bij het apparaat geleverd. Het rendement van deze opladers is meestal hoger dan bij batterijopladers voor losse batterijen, maar ook hier geldt dat standby-verbruik moet worden vermeden door de lader na gebruik weer los te koppelen van het lichtnet.

Hoofdstuk 6

Consumentenadvies

6.1 Aanschaf van batterijen, apparaten op batterijen en laders

Apparaten op netstroom zijn in de regel goedkoper in verbruik en minder belastend voor het milieu dan apparaten met batterijen of een accu. Dit komt doordat meer energie en materialen nodig zijn voor het produceren van batterijen en accu's en doordat bij het opladen energie verloren gaat. Bij apparaten die een zeer laag energieverbruik hebben, zoals bijvoorbeeld klokken, ligt dit genuanceerder. Omdat de verliezen van voedingsapparaten met een vermogen beneden 1 W relatief hoog zijn (GEEA, 2007), is er weinig voordeel van netvoeding in vergelijking met batterijvoeding. Bovendien is het batterijverbruik van zulke apparaten zo laag dat de resulterende milieubelasting ook relatief klein is. Uit praktische overwegingen is voor zulke apparaten dus batterijvoeding te verkiezen.

Oplaadbare batterijen zijn de beste keuze voor toepassingen die draagbaar moeten zijn en daardoor niet op het elektriciteitsnetwerk aangesloten kunnen worden, zoals laptops, mp3-spelers, fietslampjes etc. Oplaadbare batterijen zijn uit het oogpunt van milieueffecten en kosten beter dan eenmalige batterijen, tenzij het apparaat zeer weinig energie verbruikt, zoals een klok, een rekenmachine en zaklampen voor noodgevallen. Doordat oplaadbare batterijen elke dag wat capaciteit verliezen, zijn ze minder geschikt voor deze toepassingen. In dat geval kunnen beter eenmalige batterijen gebruikt worden. Verder zijn er nog toepassingen waarbij alleen eenmalige batterijen gebruikt kunnen worden, zoals gehoorapparaten. Overigens zou in de nieuwste generatie NiMH batterijen de zelfontlading sterk teruggebracht zijn, zodat ook toepassing in apparaten met een laag verbruik interessant is.

Koop bij voorkeur geen batterijen met kwik of cadmium. Batterijen met kwik (Hg) en batterijen met meer dan 0,025 gewichtsprocent aan cadmium (Cd) zijn te herkennen aan de chemische symbolen op het KCA-logo (zie figuur 2). De meeste batterijen bevatten deze stoffen niet meer.

Oplaadbare alkaline batterijen zijn weliswaar relatief goedkoop in aanschaf maar hebben een beperkte levensduur, daarom hebben ze niet onze voorkeur, behalve voor toepassingen waar een spanning van 1,5V (alkaline) in plaats van 1,2 V (NiMH) nodig is. Het opladen van gewone (niet-oplaadbare) alkaline batterijen kan gevaarlijk zijn en is daarom af te raden.

In tabel 7 wordt een overzicht gegeven met toepassingen en de meest geschikte batterijen, waarbij gekeken is naar milieu en toepasbaarheid.

Tabel 7: Meest geschikte batterijtype per toepassing

Toepassing voor losse batterijen	Type eerste keus
afstandsbediening	Alkaline of Lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
CD-speler, mp3 speler	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
digitale camera of filmcamera	Oplaadbare nikkel-metaalhydride-, lithium-ionbatterijen
fietsverlichting	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
gehoorapparaat	Zink-lucht (knoopcel)
horloge	Zilveroxide zonder kwik (knoopcel) of lithiummangaanoxide (knoopcel)
klok	Alkaline of Lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
muis zonder snoer	Alkaline of Lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
pager	Zink-lucht (knoopcel)
radio, CD draagbaar	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
rekenmachine	Alkaline of lithium-ijzerdisulfide batterijen of zilveroxide zonder kwik (knoopcel) of lithiummangaanoxide (knoopcel)
rookmelder	Alkaline of Lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
scheerapparaat	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
speelgoed	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
wekker	Alkaline of lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
zaklamp voor noodgevallen	Alkaline of lithium-ijzerdisulfide batterijen (niet-oplaadbaar), of de nieuwste generatie NiMH batterijen met lage zelfontlading (zie 4.2)
zaklamp voor intensief gebruik	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
Apparaat waar accu of batterij in zit	
agenda (PDA)	Oplaadbare lithium-ion-, of lithiumpolymeer batterijen
elektrische tandenborstel	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
gereedschap	Oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen
Mp3-speler	Oplaadbare nikkel-metaalhydride, lithium-ion-, of lithiumpolymeer batterijen
mobiele telefoons	Oplaadbare lithium-ion-, lithiumpolymeer of nikkel-metaalhydride batterijen
notebook, laptop	Oplaadbare lithium-ion-, lithiumpolymeer of nikkel-metaalhydride batterijen
scheerapparaat	Oplaadbare lithium-ion-, lithiumpolymeer of nikkel-metaalhydride batterijen
telefoon	Oplaadbare lithium-ion-, lithiumpolymeer of nikkel-metaalhydride batterijen

Aandachtspunten bij de aanschaf van batterijen en opladers

- Het type batterij

Gebruik zoveel mogelijk oplaadbare batterijen, dat is beter voor het milieu en voor je portemonnee. Kies echter voor apparaten met een zeer laag stroomverbruik (klok, afstandbediening) of voor apparaten die slechts zelden gebruikt worden (noodlamp) bij voorkeur een alkalinebatterij.

Verder: Vermijd aanschaf van NiCd batterijen. Helaas wordt op de verpakking of de batterij niet altijd vermeld welk type batterijen er in zit. Vooral bij apparaten met een geïntegreerde batterij en een oplader is het vaak niet of moeilijk te achterhalen. Dit maakt het moeilijk voor consumenten om een bewiste keuze voor het type batterij te maken. De keuze oplaadbaar of eenmalig is wel te maken.

- Spanning van de batterij

Let bij aanschaf van batterijen erop of de spanning past bij de benodigde spanning van het apparaat. Bijvoorbeeld lithiumbatterijen hebben een hogere spanning (spanning) dan de overige types en zijn daardoor alleen geschikt voor apparaten die een hoge spanning nodig hebben zoals laptops.

- De capaciteit van de batterij

Kies liever een batterij met een wat hogere capaciteit als deze redelijk geprijsd is; deze gaat langer mee en verbruikt daarom relatief minder energie en materialen dan meer batterijen met een lage capaciteit.

- De energetische- efficiëntie* van de oplader

Vermijd de relatief zware, grote laadapparaten met een transformator. Dit soort opladers hebben vaak een hoog standby verbruik en een laag rendement (Callwell en Reeder, 2002). De warmteontwikkeling van een lader is een goede indicatie van zijn efficiëntie, hoe minder warm hij wordt, hoe beter. Helaas is dat moeilijk te testen in de winkel.

6.2 Gebruik van batterijen en laders

Bij het gebruik van batterijen zijn er de volgende aandachtspunten :

- Temperatuur

Vermijd blootstelling hoge temperaturen (>25 °C); dit versnelt de veroudering van de batterij aanzienlijk. Laat de batterijen dus niet in de zon liggen of bij een warmtebron. Lage temperaturen verlagen tijdelijk de capaciteit van de batterij, maar veroorzaken in het algemeen geen blijvende schade .

- Combinaties

Combineer geen batterijen van verschillende type of voltages. De zwakste batterij kan dan gaan lekken (CB, 2007)

- Opladen

Vermijd veelvuldig kort laden, want de levensduur wordt bepaald door het aantal keren dat een batterij wordt opgeladen (CB, 2007).

- Opladen

Vermijd langdurige diepe ontlading van oplaadbare lithiumbatterijen, dit leidt namelijk tot een kortere levensduur. Deze batterijen kunnen het best bij 40-50 % van de capaciteit bewaard worden (Pistoia, 2005). Helaas kan je niet altijd zien hoe vol de batterij is. Sommige apparaten, zoals laptops en sommige opladers laten het zien. Vaak met een icoontje van een gevulde, lege, of halfvolle batterij. Dus bewaar bij voorkeur geen lege Li-batterijen en ook geen volle.

Daarentegen moeten cadmiumbatterijen juist wel helemaal ontladen worden. Dit is nodig om het geheugeneffect* te voorkomen. Sommige kwalitatief goede batterijopladers kunnen het geheugeneffect van NiCd en NiMH-batterijen deels terugdraaien. Dit wordt regeneratie genoemd. Dit hoort aangegeven te worden op de verpakking van de batterijlader.

- Bewaren

Als een apparaat lang niet gebruikt wordt is het beter om de batterijen er uit te halen. Vooral bij eenmalige batterijen die leeg raken, kan anders corrosie bij de contacten optreden, met mogelijk zelfs schade aan het apparaat. Bovendien blijven sommige apparaten ook in de uit-stand stroom verbruiken (bijv. voor het display), dit kan leiden tot een te diepe ontlading en daardoor beschadiging van een oplaadbare batterij.

Haal de accu uit de laptop, wanneer u alleen op de netvoeding, dus met de stekker in het stopcontact, werkt (CB, 2007)

- Opladers

Koppel opladers na gebruik zo snel mogelijk weer los van het lichtnet, anders loopt het standby-verbruik al snel op.

6.3 Afdanken van batterijen en laders

Als batterijen op zijn, kunnen deze ingeleverd worden bij het klein chemisch afval van de gemeente of bij de inleverpunten bij supermarkten, scholen, winkels, etc. Een inleverpunt bij u in de buurt is te vinden via www.legebatterijen.nl. Deze batterijen worden vervolgens gerecycled in onder andere België, Duitsland, Frankrijk of Zwitserland. Vermijd dat batterijen in het huishoudelijk afval terecht komen, dit kan schadelijke emissies in de verbrandingsinstallaties veroorzaken. Verwijder batterijen uit speelgoed, muzikale wenskaarten en andere gadgets voordat je deze weggooit, of lever het hele apparaat in als klein chemisch afval. Overigens kunnen batterijen (vooral de eenmalige alkalinebatterijen) die voor de flitser of de walkman niet meer voldoende stroom leveren, vaak nog wel een tijdje mee in een wekker of afstandsbediening.

Opladers kunnen net als elektrische apparaten worden weggedaan. Dat betekent dat ze bij aanschaf van een nieuw apparaat kunnen worden meegegeven aan de leverancier of winkelier van aankoop. De consument kan afgedankte opladers ook aanbieden aan de reinigingsdienst van de gemeente. In een aantal gemeenten kunnen consumenten de oude apparaten apart, naast het overige huisvuil, op de stoep zetten. In andere gemeenten moet de consument bellen om een afspraak te maken. De wijze van inzameling van de desbetreffende gemeente kan nagevraagd worden bij de plaatselijke gemeentereiniging (Zie brondocument elektrische apparaten § 5.4).

Veel informatie over batterijen en de inzameling en verwerking hiervan is te vinden op de website van de Stichting Batterijen: <http://www.legebatterijen.nl>. Stichting Batterijen is de organisatie die de inzamelactiviteiten voor lege batterijen in Nederland coördineert. De stichting ontwikkelt activiteiten op diverse terreinen om iedereen te informeren over het hoe en waarom van de inzameling van lege batterijen.

6.4 Meer consumenteninformatie

- www.legebatterijen.nl, voor exacte inleverplaatsen
- <http://www.stibat.nl/>, informatie over batterijen en de inzameling

Bronnenlijst

AFE, European leader in the household battery recycling sector (2007)

<http://www.arn.nl/http://www.afe.fr/web/siteafeen.nsf/BranchePresentationPage?readform&branche=4> (7 maart 2007).

Batrec (2007)

Lithium-Battery-Recycling Products, http://www.batrec.ch/english/lithium_products.htm (8 maart 2007)

Buchmann, I. (2001)

Batteries in a Portable World; a handbook on rechargeable batteries for non-engineers. Cadex Electronics Inc.

Calwell, C. and Reeder, T. (2002)

Power Supplies a hidden opportunity for energy saving, Ecos Consulting/NRDC, 2002, <http://www.nrdc.org/>

Consumentenbond (2006a)

Dossier batterijladers - kooptips. Gedownload van www.consumentenbond.nl (23 maart 2007)

Consumentenbond (2006b)

Oplaadbare batterijen en laders: Grotere capaciteit, kortere levensduur. Consumentengids, juli/augustus 2006

Consumentenbond (2007)

Onderzoeksverslag: Oplaadbare batterijen, concept juli 2007

EPBA (2007)

Recycling Around Europe. Gedownload van <http://www.epbaeurope.net/recycling.html#efficiency> (23 maart 2007)

Europees Parlement and Raad van de Europese Unie (2006)

Richtlijn 2006/66/eg van het Europees Parlement en de Raad van 6 september 2006 inzake batterijen en accu's, alsook afgedankte batterijen en accu's en tot intrekking van Richtlijn 91/157/EEG. Publicatieblad van de Europese Unie, 2006

Foster, S. (2003)

Ecosconsulting. The Energy Efficiency of Common Household Battery Charging Systems: Results and Implications, http://www.efficientproducts.org/reports/bchargers/NRDC-Ecos_Battery_Charger_Efficiency.pdf

GEEA, Group for Energy Efficient Appliances (2007)

<http://www.efficient-appliances.org/Criteria.htm>

Greenpeace/European Environmental Bureau (2004)

Batteries: Council backs cadmium ban but exempts power tools, Press release, 20-12-2004, http://www.eeb.org/press/2004/pr_batteries_env_council_20_12_04.htm

GRS Batterien (2006)

Success Monitor. 20 pp. Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien, 2006

Linden, D. and T. B. Reddy (2002)

Handbook of batteries; third edition. McGraw-Hill, 2002

Maxell (2007)

Comparison of Primary and Rechargeable Batteries, <http://www.maxell.co.jp/e/products/industrial/battery/knowmore/comparison.html> (7 februari 2007)

Minister van VROM (1995)

Besluit beheer batterijen

Minister van VROM (2001)

Informatieblad batterijen

Minister van VROM (2007)

Dossier Electr(on)ische apparatuur, www.vrom.nl (13 maart 2007)

Ostendorp, P., Foster, S. and Calwell, C. (2004)

Cellular Phones: Advancements in Energy Efficiency and Opportunities for Energy Savings. 16 pp. Natural Resources Defense Council, 2004

Pistoia, G. (2005)

Batteries for Portable Devices. Elsevier, 2005

Redux (2007)

Redux Recycling GmbH, <http://www.redux-gmbh.de/> (7 maart 2007)

Rydh, C. J. and Karlstrom, M. (2002)

Life cycle inventory of recycling portable nickel-cadmium batteries. Resources, Conservation and Recycling, 34, 289. 2002

Scholl, G., Baumann, W., Muth, A. (1997)

European Ecolabel for Batteries for Consumer Goods - Final Summary Report. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Ecological Economics Research Institute), 1997

SNAM (2007)

<http://www.snam.com/uk-team.htm> (8 maart 2007)

Sony Corporation (2007)

Sony Develops "Bio Battery" Generating Electricity from Sugar,

<http://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200708/07-074E/index.html> (23 augustus 2007)

Stibat (2006)

Aantal batterijen in huis in drie jaar tijd meer dan eenderde toegenomen. Stibat bulletin, 10e jaargang, nummer 4, december 2006

Stibat (2007a)

Jaarverslag 2006

Stibat (2007b)

Mededeling Frans de Buck, 19-7-2007

Stibat (2005, 2006)

Jaarverslag Stichting Batterijen, 2005 en 2006.

Stibat (2007)

<http://www.legebatterijen.nl> (23 augustus 2007)

Vara! Kassa (2005)

Grote batterijentest, http://kassa.vara.nl/portal?scr=thema_artikel&number=1127355&thema=322159, 2005 (op 7 maart 2007)

Bijlagen

Bijlage 1

Begrippenlijst

Batterijcel

Basiseenheid van een batterij. Soms kan een batterij meerdere cellen omvatten, die in serie zijn geschakeld om een hoger spanning te bereiken. Een auto-accu bijvoorbeeld bevat meestal 6 cellen die tezamen 12 V leveren. Gewone, droge batterijen bestaan meestal uit een enkele cel.

Capaciteit

Een elektrische energie-inhoud van een batterij. Deze wordt uitgedrukt in Ampere-uur (Ah). Deze energie-inhoud wordt gemeten door de batterij te ontladen met een constante stroomsterkte en de tijdsduur te meten totdat de batterijspanning beneden een bepaalde waarde zakt (cut-off voltage).

Laadstation

Een speciale lader waar je het toestel in zet.

Enmalige batterijen / primaire batterijen

Batterijen die maar één keer gebruikt kunnen worden en niet opnieuw opgeladen kunnen worden. Enmalige batterijen worden ook wel primaire batterijen genoemd.

Elektrolyt

In een elektrolyt kan elektrische lading tussen de positieve en negatieve elektrode van een batterij getransporteerd worden door beweging van ionen. Een elektrolyt is dus een medium waardoor stroom kan lopen zonder dat er een metallische geleider nodig is.

Energetische efficiëntie

Percentage van de toegevoerde energie die nuttig wordt gebruikt. Bij een *batterijlader* is de energetische efficiëntie dus het percentage van de elektriciteit uit het net dat tijdens een oplaadcyclus daadwerkelijk als chemische energie in de batterij wordt opgeslagen.

Energiedichtheid

De hoeveelheid energie per eenheid volume of gewicht die een batterijcel kan bevatten. Dit wordt uitgedrukt in Wh/l of Wh/kg. De energie van een batterij is gedefinieerd als het batterijvoltage (in V) vermenigvuldigd met de capaciteit

van de batterij (in Ah).

Geheugeneffect

Gedeeltelijk omkeerbaar capaciteitsverlies dat kan optreden als gevolg het *gedeeltelijk* ontladen van een batterij. De hoeveelheid energie die in de batterij kan worden opgeslagen, zal door het geheugeneffect dus steeds kleiner worden. Dit effect speelt vooral een rol bij NiCd-batterijen. Met speciale laders kan dit gedeeltelijk verholpen worden.

Ontlading

Onttrekken van energie aan een batterij door een elektrische stroom te laten lopen tussen de polen van de batterij. Tijdens de ontlading daalt meestal ook geleidelijk de spanning tussen de polen. De grafiek die deze spanningdaling tegen de tijd weergeeft, noemt men de ontladingscurve.

Potentiaal

Zie Spanning

Primaire batterijen

Zie eenmalige batterijen

Spanning / Voltage / Potentiaal

De elektrische spanning (ook wel voltage of potentiaal genoemd), is het potentiaalverschil tussen twee punten in een elektrische kring. Het potentiaalverschil wordt gedefinieerd als de hoeveelheid arbeid die per ladingseenheid verricht moet worden om een elektrische lading van het tweede punt naar het eerste punt te verplaatsen. Een equivalente definitie is de hoeveelheid arbeid die een eenheidslading kan verrichten die van het eerste naar het tweede punt stroomt. Spanning wordt uitgedrukt in Volt. (Wikipedia, 2007)

Verouderingseffect

Effect waarbij batterijen geleidelijk een deel van hun capaciteit verliezen als ze ouder worden.

Voltage

Zie Voltage

Zelfontlading

Energieverlies dat optreedt in een batterij terwijl deze niet gebruikt wordt om stroom te leveren. Dit effect treedt op bij alle typen batterijen, maar oplaadbare batterijen hebben meestal een aanzienlijk hogere zelfontlading dan eenmalige batterijen.

Bijlagen

Bijlage 2

Feiten en fabels

Deze bijlage zet een paar hardnekkige fabels, maar ook juiste beweringen naast elkaar met daarbij de reactie van Milieu Centraal.

Hardnekkige fabels

Oplaadbare batterijen moet je niet in speelgoed gebruiken.

Fabel. Echter, gaat het speelgoed mee naar bed, gebruik dan geen oplaadbare batterijen. Als er in het speelgoed kortsluiting mocht ontstaan, kan een oplaadbare batterij een hoge kortsluitstroom produceren waardoor hij zo heet kan worden dat er brand- en zelfs ontploffingsgevaar bestaat. Hetzelfde risico bestaat als u oplaadbare batterijen samen met sleutels of muntgeld in een (broek)zak meeneemt (Consumentenbond, 2006b).

Nikkelcadmiumbatterijen zijn verouderd en niet meer te koop.

Ze zijn verouderd, maar nog wel te koop voor gebruik in grote draagbare toestellen en in toepassingen die heel hoge stroomsterkten vragen, zoals model-raceauto's. Onder de nieuwe Europese richtlijnen worden per 26 september 2008 cadmiumbatterijen met meer dan 0.002 % cadmium verboden. Dit geldt niet voor batterijen in alarmsystemen, medische toepassingen of (voorlopig) draadloze elektrische gereedschappen (Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, 2006).

Feiten

Oplaadbare batterijen zijn altijd beter dan niet-oplaadbare.

Vaak wel, maar in toepassingen die weinig energie gebruiken, zoals klokjes en wekkers, of toepassingen die maar af en toe gebruikt worden zoals zaklampen voor noodgebruik en afstandbedieningen zijn niet-oplaadbare beter. Oplaadbare lopen relatief snel leeg, ook als je ze niet gebruikt.

Oplaadbare NiMh-batterijen hebben geen last van het geheugeneffect.

Ze hebben er in ieder geval minder last van dan NiCd-batterijen. U kunt ze dus best tussentijds even opladen.

Hoe hoger de temperatuur, des te sneller loopt een batterij leeg.

Klopt.

Paneeltjes van batterijladers op zonne-energie zijn te klein om een batterij goed te laden.

Ja en nee: ze krijgen batterijen wel vol, maar doordat ze zo klein zijn, doen ze er dagen (soms weken) over. Een paneel van 30 x 80 cm (10 watt; circa €200) kan in volle zon 4 AA-batterijen van 2500 mAh in ongeveer 2 uur opladen

Bijlagen

Bijlage 3

Trends

In de onderstaande tabel is te zien dat in Nederland de verkoop van batterijen tussen 2000 en 2006 met 69 % is toegenomen.

Tabel 8:Aantal verkochte batterijen(in miljoenen) in Nederland (Stibat jaarverslag 2006)

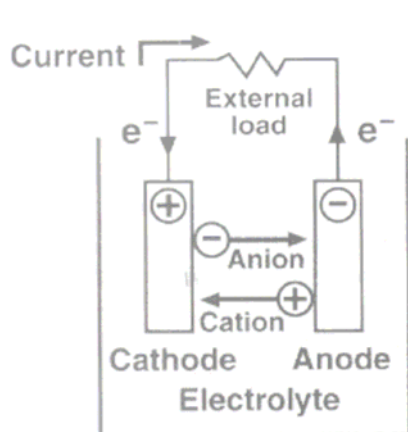
Jaar	Eenmalige batterijen	Oplaadbare batterijen	Totaal
2000	189	20	209
2001	204	19	223
2002	204	20	224
2003	244	28	272
2004	280	36	317
2005	309	39	348
2006	315	38	353

Bijlagen

Bijlage 4

Werking van batterijen

In een batterij is elektrochemische energie opgeslagen, die als stroom geleverd kan worden. Elektrische stroom bestaat uit een stroom elektronen die tussen een positieve en een negatieve pool vloeien. De stroom loopt als gevolg van een chemische reactie tussen de materialen van de batterij. De stroom komt alleen op gang als de batterij zich in een gesloten circuit bevindt, dat wil zeggen als de plus en min pool met elkaar verbonden zijn via bijvoorbeeld een lampje of een mp3-speler.



Figuur 3: Batterijcel tijdens ontladen

In figuur 3 is te zien dat een batterijcel* bestaat uit (Pistoia, 2005; Stibat, 2007):

- Een negatieve elektrode (bij ontladen de anode). Bij de negatieve elektrode komen tijdens het ontladen van de batterij elektronen vrij via een chemische reactie (bijvoorbeeld $M \rightarrow M^+ + e^-$ (elektron)). Dit is een oxidatiereactie. Bij oplaadbare batterijen wordt deze elektrode bij het opladen een kathode, de reactie vindt dan plaats in omgekeerde richting. Elektronen worden weggevangen; dit is een reductiereactie. De stof waarvan de negatieve elektrode is gemaakt varieert per type batterij. Bij een alkaline batterij is dit bijvoorbeeld zinkpoeder (Pistoia, 2005).
- Een positieve elektrode (bij ontladen de kathode). Bij de positieve elektrode vindt een elektrochemische reductie plaats (bijvoorbeeld $X + e^- \rightarrow X^-$). Bij oplaadbare batterijen vindt bij het opladen van de batterijen een oxidatie, dat wil zeggen de reactie in omgekeerde richting, plaats. Ook de stof waarvan de

positieve elektrode is gemaakt varieert per type batterij. Bij een alkaline batterij is dit vooral mangaandioxide (MnO_2) en grafiet (Pistoia, 2005).

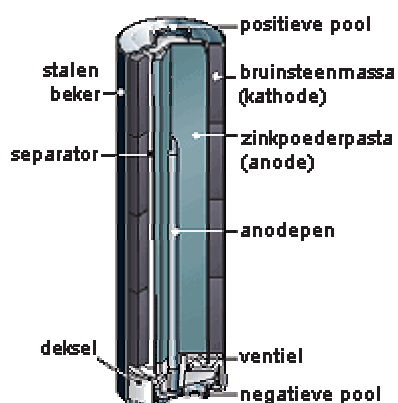
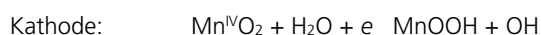
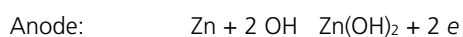
- Een elektrolyt zorgt voor de verbinding tussen de elektroden. Bij alkalinebatterijen is dit meestal een kaliumhydroxide (KOH) oplossing (Pistoia, 2005).
- Een isolator zorgt voor een elektrische scheiding tussen beide elektroden. In de meeste gevallen worden hiervoor kunststoffen gebruikt.

Daarnaast wordt er materiaal gebruikt voor de omhulling van de batterij, meestal is dit metaal en/of kunststof.

Enmalige batterijen

Alkaline batterijen

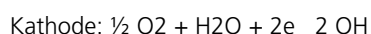
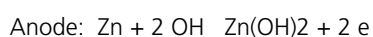
De anode (minpool) van een alkaline batterij is zinkpoeder. De kathode bestaat grotendeels uit MnO_2 en grafiet. De anode bevat ook een elektrolyt, meestal is dit een kaliumhydroxide (KOH) oplossing. De volgende reacties vinden plaats (Pistoia, 2005):

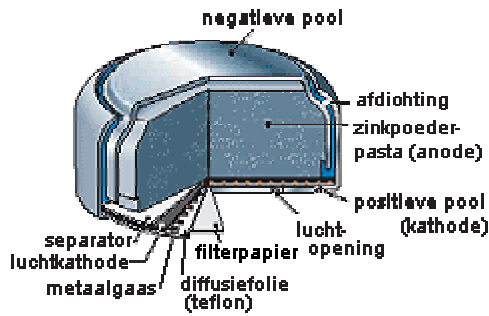


(Stibat, 2007)

Zink-lucht knooppellen

Zink-lucht knooppellen zijn gebaseerd op de reactie tussen zuurstof en een katalytische kathode aan de ene kant, en een zinkpoederpasta als anode aan de andere kant. Zink-lucht knooppellen hebben een hoge energiedichtheid en worden veel gebruikt in gehoorapparaten (Stibat, 2007). De chemische reacties die plaatsvinden zijn als volgt (Pistoia, 2005):

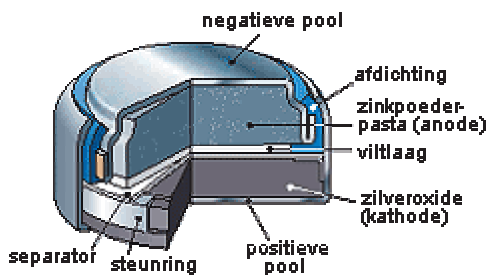
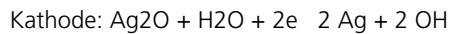
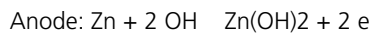




(Stibat, 2007)

Zilveroxide knooppellen

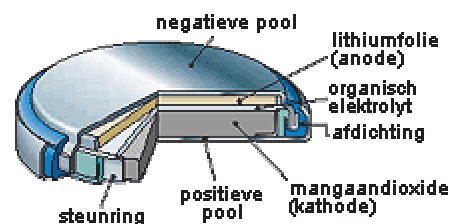
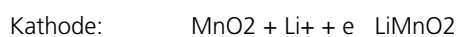
Zilveroxide batterijen lijken qua samenstelling op alkaline-batterijen, maar hebben zilveroxide als kathodemateriaal in plaats van bruinsteen. De anode bestaat uit zinkpoederpasta. Deze batterijen worden onder andere gebruikt in horloges en rekenmachines (Stibat, 2007). Zilveroxide knooppellen bevatten soms kwik om corrosie van het zinkpoeder te voorkomen. De chemische reacties die plaatsvinden zijn als volgt (Pistoia, 2005):



(Stibat, 2007)

Lithium-mangaandioxide

In lithium-mangaandioxide knooppellen functioneert lithium als anode. Bij de kathode wordt MnIV tot MnIII gereduceerd. Lithium-mangaandioxide knooppellen worden gebruikt in digitale foto- en filmapparatuur. De chemische reacties zijn als volgt (Pistoia, 2005; Stibat, 2007):



(Stibat, 2007)

