

### Az akkumulátorról, a töltésről, a töltés robbanásveszélyességéről

Mi történik az akkumulátor töltése alkalmával? Robbanásveszélyes-e a töltés?

Miért fontos hogy milyen az akkumulátor töltő töltési karakterisztikája?

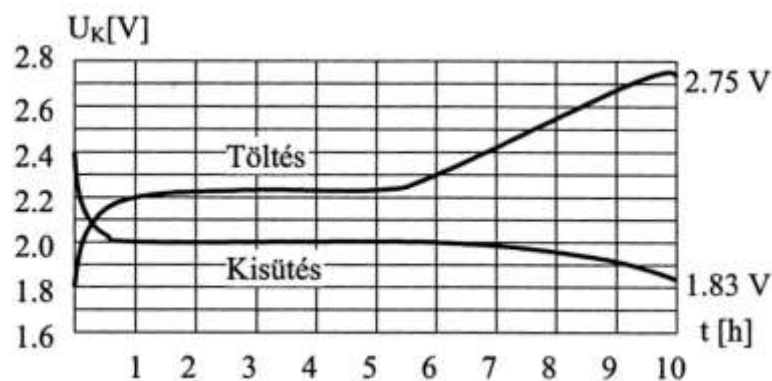
Robbanásveszélyes-e a helyiség ahol akkumulátor van? Melyik szabványt kell alkalmazni?

**Az akkumulátor energiátároló berendezés**, amely töltéskor a villamos energiát vegyi energiává alakítja át, amit így huzamosabb ideig tárolni tud, majd kisütéskor villamos energiává alakítja vissza. Az akkumulátor közvetlenül csak egyenfeszültség tárolására, szolgáltatására alkalmas.

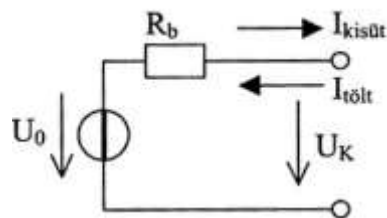
### A savas akkumulátor jellemzői

Gyakorlatilag kétféle típust különböztethetünk meg; az indító vagy starter akkumulátort, amely a névleges áramának sokszorosát képes leadni, tölthetősége 150-300 ciklus és a ciklikust, amely hosszú ideig képes kisebb áramerősséget szolgáltatni (hajókon, napelemes rendszerekben, szünetmentes tápegységekben) tölthetősége 500-2000 ciklus.

### A savas akkumulátor cellafeszültségének változása a töltés és kisütés folyamán



### Az akkumulátor villamos helyettesítő kapcsolása



ahol  $U_0$  = az üresjárási feszültség (elektromotoros erő)

$U_k$  = kapocsfeszültség

$I_{\text{tölt}}$  = töltőáram

$I_{\text{kisüt}}$  = kisütő áram

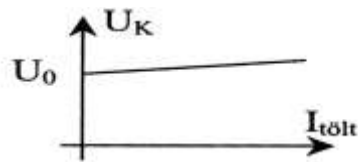
$R_b$  = belső ellenállás

## Töltés és kisütés/ fogyasztás esetén a következő folyamatok játszódnak le

Savas akkumulátornál a kénsavoldat, lúgosnál a kálium vagy nátriumhidroxid oldat az elektrolit.

típus	elektrod	elektrolit	töltés		fogyasztás/kisütés		kémiai reakció
savas	Pb-PbO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	pozitív	negatív	pozitív	negatív	PbO <sub>2</sub> + Pb + 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > 2 PbSO <sub>4</sub> + 2 H <sub>2</sub> O
lúgos	Ni/Cd	KOH/NaOH	pozitív	negatív	pozitív	negatív	2 NiOOH + Cd + 2 H <sub>2</sub> O > 2 Ni(OH) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O

### A töltési feszültség elvi alakulása



$$U_k = U_0 + I_{\text{tölt}} \times R_b$$

A töltés során a kapcsolóra adott feszültség hatására töltőáram alakul ki az akkumulátor mint fogyasztó energiát vesz fel, és a vegyi folyamat fordított irányban megy végbe. A folyamat végén az akkumulátor feltöltődött, és ismét képes energiát szolgáltatni. A töltés kezdetén az elektrokémiai átalakulás a mértékadó, vízbontásra alig használódik energia. Az akkumulátor kapcsolófeszültsége a töltés során folyamatosan nő, a belső ellenállás növekszik, egyre kevesebb energiát képes tárolni és a töltési energia egy része vízbontást idéz elő. A töltést be kell fejezni, amikor a kapcsolófeszültség a töltésre megadott értéket eléri, mert az akkumulátor melegszik. A túltöltés ugyanúgy tönkretelheti az akkumulátort, mint a megengedettnél nagyobb kisütés.

### A kisütési feszültség elvi alakulása



$$U_k = U_0 - I_{\text{kisüt}} \times R_b$$

Az akkumulátorra fogyasztót kapcsolva a töltésszétválasztó folyamat közben elektródáinak anyaga átalakul. Az akkumulátor kapcsolófeszültsége a kisütés során folyamatosan csökken. Ha kisütés közben kapcsolófeszültsége a – típusától függő – érték alá esik, az akkumulátor kisült. Ilyenkor a kisütést be kell fejezni, mert a további terhelés az akkumulátor károsodását okozhatja. A lemerült akkumulátor elektromotoros ereje kicsi.

## A vízbontásról a gázfejlődésről

Csepptöltés, gyorsöltés és túltöltés során minden cellából durranógáz keletkezik, kivéve a gázmentesen zárt cellákat.

### A gázfejlődési cellafeszültség elérése után 1 Ah töltésmennyiség okozta víz elektrolízise

-savas akkumulátor töltése során 0,63 liter 2:1 arányú durranógáz keletkezik,  
ami 0,42 liter H<sub>2</sub> + 0,21 liter O<sub>2</sub>

-lúgos akkumulátornál 0,42 liter 2:1 arányú durranógáz keletkezik

ami 0,28 liter H<sub>2</sub> + 0,14 liter O<sub>2</sub>

- 1 cm<sup>3</sup> (1 g) víz felbontása 3 Aó-t igényel

- 26,8 Aó 1 g hidrogént és 8 g oxigént bont, ez az elegy a durranógáz

A gáztömör cellák esetében a rekombinációs eljárás miatt nincs vízbontás.

Az akkumulátor feltöltöttsége és a durranógáz keletkezése között olyan összefüggés van, hogy az akkumulátor töltésére használt energia egyre nagyobb része vízbontást okoz. Ha kikapcsoljuk a töltőt, a vízbontás a töltőáram kikapcsolása után egy idő múlva szűnik meg. A töltőfeszültség értéke, amelynél a vízbontás sebessége hirtelen megemelkedik savas akkumulátornál 2,35 – 2,7 V, lúgos akkumulátornál 1,5 – 2,05 V/cella feszültség elérése esetén 30 C°-on erős vízbontás indul meg, melynek intenzitása az áramerősségtől függ. Ez a feszültségérték a gázkilépési feszültség. Az akkumulátor élettartamán belül az elektrolit víztartalma tehát csekély mértékben, de folyamatosan csökken, ezért azt rendszeresen pótolni kell. A nagyobb töltőfeszültség és a nagyobb töltőáram gyorsítja a vízbontást. Durranógáz ugyanannyi keletkezik, de azonos időegység alatt felszabaduló mennyisége kisebb.

### A cellafeszültség és a kapacitás hőmérsékletfüggő

A hőmérséklet-kompenzált töltőfeszültség U<sub>fK</sub> (V/cella) értéke:

$$U_{fK} = U + f(t + t_g)$$

ahol U = a 30 C°-ra vonatkoztatott töltőfeszültség V/cella

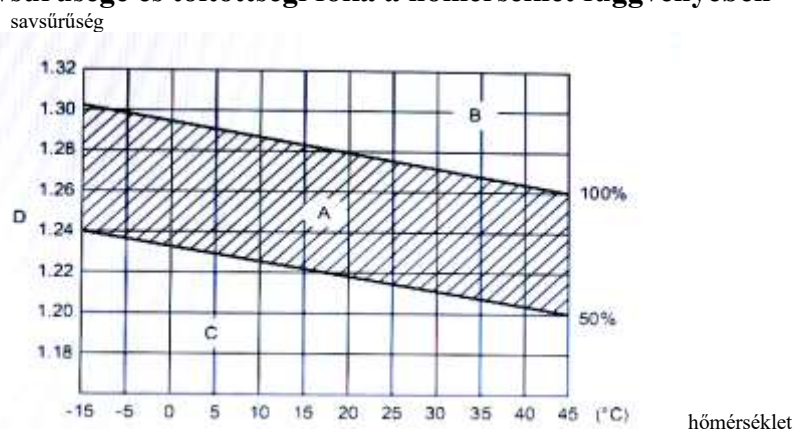
f = hőmérsékletfaktor (-1,5x10<sup>-4</sup> V/cella/K°)

t = a cella hőmérséklete

t<sub>g</sub> = a cella gázosodási határhőmérséklete (30 C°)

A képletből egyértelműen látható, hogy savas akkumulátornál magasabb hőmérsékleten már 2,35 V-nál kisebb feszültségnél is elindul a vízbontás, míg alacsonyabb hőmérsékleten csak 2,4 V-nál nagyobb feszültségnél kell erre számítani.

## Az akkumulátor savsűrűsége és töltöttségi foka a hőmérséklet függvényében



Az elektrolit sűrűsége (D) szoros összefüggésben van a töltöttségi állapottal és a hőmérséklettel. A feltöltött akkumulátornak magas a savsűrűsége, (A) egy lemerülőnek alacsonyabb, (C) tehát hiába van feltöltve az akkumulátor, ha nem elég sűrű az elektrolitja. (a B tartomány a túltöltött állapot) Ha a savsűrűség alacsonyabb mint  $1,26 \text{ g/cm}^3$ , akkor tölteni kell, vagy elszulfátosodott. A szulfátos akkumulátor nem veszi fel a töltést. Az ábrából kitűnik hogy az akkumulátor nem télen, hanem nyáron merül le előbb.

töltöttség %	savsűrűség $\text{g/cm}^3$	feszültség V
100	1.265	12.7
75	1.225	12.4
50	1.190	12.2
25 *	1.155	12.0

\* az akkumulátort nem szabad ennél jobban kisütni, mert tönkremehet

## Az akkumulátor kapacitásáról

Az akkumulátor néveges kapacitása, energia befogadó-képességét jelent, amit Amperórában adnak meg. 1 Amperóra egyenlő 1 A áramerősség 1 órán keresztüli leadásával vagy 10 A áramerősség 0,1 órán keresztüli leadásával. Ez azt jelenti, ha egy akkumulátor 100 Aó-ás, akkor az 5 A-t ad le 20 órán keresztül úgy, hogy az akku feszültség 10,5 V alá csökken.

Egy 12 V-os 100 Aó-ás néveges kapacitású akkumulátor elektromotoros teljesítménye ( $P=U \times I$ ) feltöltött állapotban kb. egy órán át ( $P=12 \times 100$ ) 1.200 VA. A 20. óra után már csak ( $P=10,5 \times 100$ ) 1.050 VA, de ezután az elektromotoros erő és ezzel mind a feszültség, mind a leadni képes áramerősség rohamosan csökken, az akkumulátor hamarosan lemerül.

Egy 10 amperes töltőárammal 10 órára van szükség ahhoz, hogy a teljesen lemerült akkumulátor újra feltöltődjön. A gyakori nagy áramú töltés tönkreteheti az akkumulátort ezért jobb, ha kisebb áramerősséggel töltődik több órán át. Sokáig csak olyan töltők voltak forgalomban, ahol a töltőfeszültséget és/vagy a töltőáramot kézzel kellett beállítani és lépésenként kapcsolni. Egyes töltők automatikusan kikapcsolnak, amikor az akkumulátor teljesen feltöltődik. Később megjelentek az elektronikusan szabályozott és a különböző töltési karakterisztikájú töltők, amelyek alkalmazása során a keletkező durranógáz mennyisége csökken.

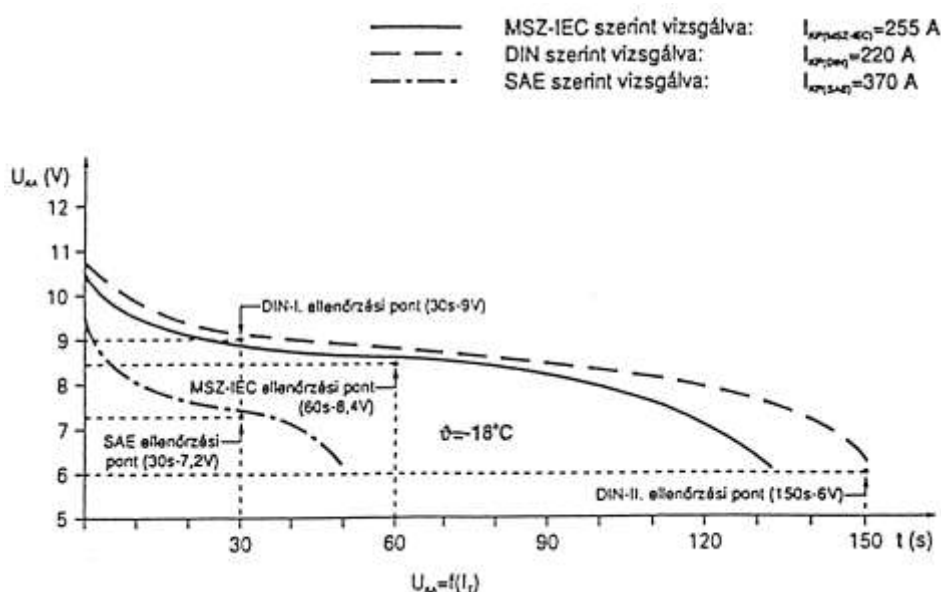
A modern töltőknél az elektronika a feszültség és az áram értékének függvényében beavatkozik, így lényegesen kevesebb a keletkező durranógáz mennyisége.

### Az akkumulátor kapacitása a vizsgálatok szerint

A kapacitás különböző vizsgálatok szerint más, ezért félrevezető.

Minél magasabb az akkumulátor belső ellenállása, annál nagyobb a kisütés/töltés közbeni veszteség, különösen nagyobb áramerősségnél.

Minél gyorsabban sütünk ki egy akkumulátort, annál gyorsabban csökken a kapacitása. Minél lassabban sütjük ki az akkumulátort, annál tovább tart – de csökken - a kapacitása. Ez azért lehet fontos, mert néhány gyártó 100 órás periódusra adta meg a kapacitás értéket, amely így nagyobb kapacitásúnak tünteti fel akkumulátorát.



### Töltési karakterisztikák

Állandó áramú jelleggörbe szerinti töltés (I)

Csökkenő áramú jelleggörbe szerinti töltés (W)

A gázfejlődésig állandó áramú, majd onnan állandó feszültségű jelleggörbe szerinti töltés (IU)

Csökkentett áramú javító töltés (W)

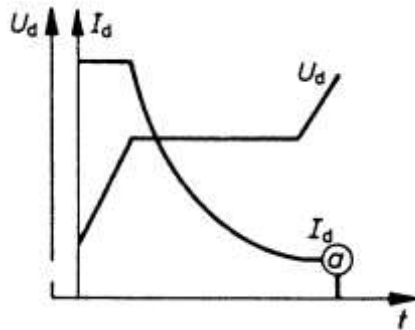
Cseptöltés jelleggörbe szerinti töltés (W)

Durranógáz csak a töltések alkalmával keletkezik kisütés alakalmával nem.

## Néhány jellemző szabályozott töltési mód a feszültség és az áram alakulása

### IUIa töltés

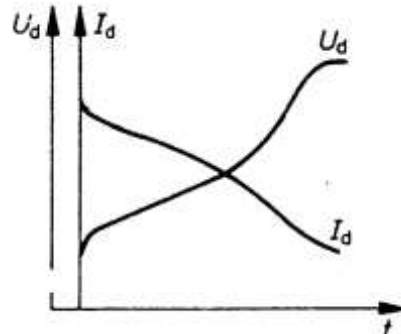
feszültség és töltőáram



idő

### W töltés

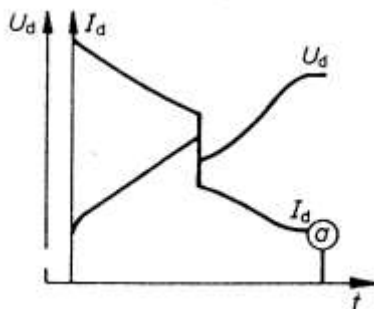
feszültség és töltőáram



idő

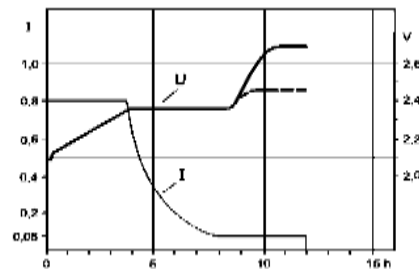
### WoWa töltés

feszültség és töltőáram



idő

feszültség és töltőáram



idő

### IUIa jelleggörbe szerinti töltés

A töltés ebben az esetben nagy értékű árammal indul, és a gázképződési feszültség eléréséig tart. Ezután a töltőáram csökkentett állandó áramú szinten történik, amit elektronika ellenőriz, és automatikusan beavatkozik. Amikor az akkumulátor feszültsége eléri a maximális töltő feszültséget, az automatika átkapcsol csepptöltésre. A csepptöltő áram értéke akkora, hogy az akkumulátor önkisülése okozta energia veszteségét pótolja.

### IoIa jelleggörbe szerinti töltés

A töltés nagy értékű árammal kezdődik, a gázkilépési feszültség elérésekor a töltőáram értéke csökken. A töltés befejeztével a kikapcsolás automatikus.

Amikor a az akkumulátor feszültsége eléri a maximális töltési feszültséget, a töltő átkapcsol csepptöltésre. A csepptöltő áram értéke akkora, hogy az akkumulátor önkisülése okozta energia veszteségét pótolja.

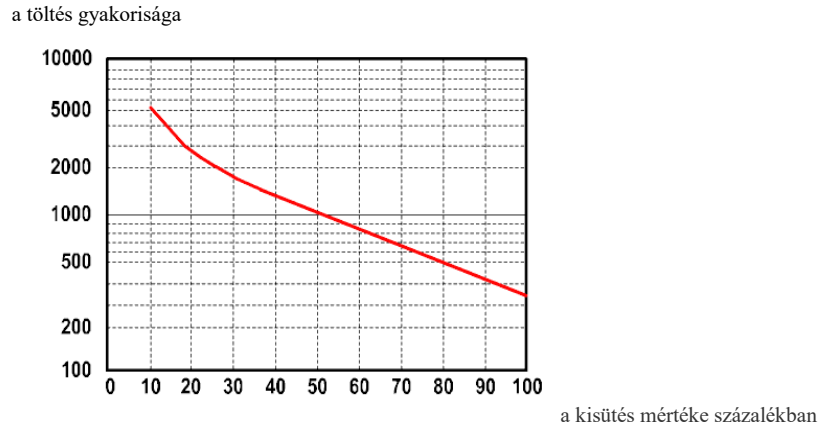
### WoWa jelleggörbe szerinti töltés

A töltés nagy értékű árammal kezdődik, a gázkilépési feszültség elérésekor a töltőáram értéke csökken. A töltés befejeztével a kikapcsolás automatikus.

A DIN 41772:1979 szabvány 12 töltési karakterisztikát ismertet.

## A töltési ciklusok száma

Minden alkalommal, amikor egy akkumulátort feltöltünk és lemerítünk, egy feltöltési folyamat, vagyis egy ciklus zajlik le. A feltöltés szám azt mutatja meg, hogy egy akkumulátort hányszor lehet feltölteni és lemeríteni. A töltések és a kisütések száma, a kisütés mértéke nagyban befolyásolja az akkumulátor élettartamát.



A legtöbb savas akkumulátort úgy tervezték, hogy minél több töltési ciklust bírjon. Ha könnyű, közepesen nehéz vagy csak szórványos munkavégzésre kerül sor, csak akkor töltünk, ha szükséges. Ez megnöveli az akkumulátor élettartamát. A „hétvégi” a „kiegyenlítő” vagy a „heti” töltés (töltőjének a márkájától függően) nagyjából minden 5-10 ciklusonként, a targonca akkumulátort a csúcsteljesítményen tartja.

A helyhez kötött akkumulátorok névleges tároló képességét 10 órás töltési-kisütési ciklus jellemzi. (C<sub>10</sub>) A jármű és targonca akkumulátorok névleges tároló képességét 20 órás töltési-kisütési ciklus jellemzi, (C<sub>20</sub>) de van köztük 5 órás töltési-kisütési ciklusú is. (C<sub>5</sub>)

	induló töltés	fogyasztás	visszatöltés	fogyasztás
töltések	+ 100 %		+ 75 %	
kisütések		- 75 %		- 25 %
	egy ciklus		egy ciklus	

Az eddigiekből kiderül hogy a keletkező durranógáz mennyiségét – amelynek kétharmada a hidrogén - egy sor tényező befolyásolja. Hozzávetőleg tíz töltési ciklus után kell desztillált víz utánpótlásáról gondoskodni.

Nézzük hogy az érvényes szabványok alapján hogyan kell számítani a töltés során keletkező hidrogén mennyiségét és az akkumulátor helyiség szellőztetését.

A továbbiakban a savas akkumulátorokkal kapcsolatos számításokkal foglalkozom.

### A szükséges légcseres számítása az MSZ 1600/16:1992 szerint

A telepítésnél az 500 W –nál kisebb töltésteljesítményű és a zárt cellájú akkumulátorokra a szabványt nem kell alkalmazni. A 4 kW –nál nagyobb teljesítményű akkumulátorokra vonatkozóan töltőállomást kell kialakítani.

#### Kiinduló adatok

az akkumulátor cella feszültsége  $U = 2,5 \text{ V}$   
 az akkumulátor 10 órás névleges tároló képessége  $C = 154 \text{ Aó}$   
 az akkumulátorcellák száma  $n = 115$   
 nyitott cellás ólomakkumulátor feszültsége  $12 \text{ V}$   
 alacsony antimon tartalom

$$Q = 0,055 \cdot n \cdot I \cdot z$$

ahol  $Q =$  a  $20^\circ \text{C}$  hőmérsékletre és  $0,1 \text{ MPa}$  nyomásra vonatkoztatott térfogatáram,  $\text{m}^3/\text{h}$   
 $n =$  az akkumulátorcellák száma  $n = 115$   
 $I =$  a töltőáram  $\text{A}$   
 $z =$  az akkumulátor kivitelétől függő gázkibocsátási tényező gázkibocsátási tényezők

#### Először számítandó a töltőáram

A töltőáram értékét a következő összefüggés adja:

$$I = C \cdot a \cdot 10^{\left(\frac{U-b}{d}-3\right)}$$

$I =$  a töltőáram a töltés befejezésekor

ahol  $C =$  az akkumulátor névleges tároló képessége  $\text{Aó}$ ,  $C = 154 \text{ Aó}$   
 helyhez kötött telepek esetén a 10 órás kisütésre vonatkozó  $C_{10}$   
 $a =$  az akkumulátor kivitelétől függő öregedési tényező (a táblázat szerint)  
 $U =$  a cellafeszültség megengedett értéke a töltési módnak megfelelően  
 $U = 2,5 \text{ V}$   
 $b, d =$  az elektrolit legnagyobb vezetőképességéből származtatott állandók  
 $20^\circ \text{C}$  hőmérsékletre vonatkoztatva.

Állandók a töltőáram számításához a szabvány szerint

az akkumulátor kivitele	$z$
nyitott ólomakkumulátor cellás	1
katalizátordugós cellás	0,5
szeleppel zárt cellás	0,2
nikkel-kadmium	1



akkumulátor típusa	a	b	d
nikkel-kadmium	2	1,383	0,150
magas antimon tartalom	10	2,230	0,279
alacsony antimon tartalom	5	2,352	0,234
kalcium ötvözetű tartalom	2	2,352	0,234

### Példa számítás egy akkumulátorra

$$I = 154 \cdot 5 \cdot 10^{\left(\frac{2,5-2,352}{0,234} - 3\right)}$$

$$I = 154 \cdot 5 \cdot 10^{0,632} \cdot 10^{-3} = 154 \cdot 5 \cdot 0,00429 \quad \mathbf{I = 3,303 \text{ A}}$$

A töltőáram 1 Ah tároló képességre vonatkoztatott  $I_1$  értékét, a szabvány 2. táblázat adataival kiszámítva, U függvényében a szabvány M1. melléklet tartalmazza. Az  $I_1$  leolvasott értékéből a töltőáram:

$$I = I_1 \cdot C \quad I_1 \text{ értéke a táblázatból } 2,5 \text{ V feszültségnél } 22 \text{ mA/Ah}$$

$$\mathbf{I = 0,022 \cdot 154 = 3,38 \text{ A}}$$

A két számítási érték egy kissé eltér, ezért a nagyobb biztonságot adó 3,303 értéket vegyük mértékadónak.

### A szellőző levegő térfogatáram számítása

$$Q = 0,055 \cdot n \cdot I \cdot z \quad Q = 0,055 \cdot 115 \cdot 3,38 \cdot 1 \quad Q = 21,37 \text{ m}^3/\text{ó}$$

### A szellőzésről

A szabvány szerinti Q szellőzőlevegő-térfogatáramot a térségre jellemző, legkedvezőtlenebb nyári meteorológiai adatok (hőmérséklet, szélirány, szélsébség, stb.) figyelembevételével kell biztosítani. Az akkumulátor helyiség szellőztetésének célja a hidrogén koncentrációját az alsó robbanási határértéke alá csökkenteni. Az akkumulátorok és burkolatok elhelyezése akkor biztonságos, ha a természetes vagy mesterséges szellőzés az ARH 20 % biztonsági határérték alatt tartja a hidrogén mennyiségét. Ha ezt tartani lehet, akkor az a helyiség nem robbanásveszélyes. Ezt a kijelentést a szabványban is megtaláljuk.

A szellőztetés - az igény biztonságos kielégítésének lehetőségétől függően - lehet természetes vagy mesterséges. A szellőzőnyílásokban a légsebesség legalább 0,1 m/s legyen.

Túlnyomásos mesterséges szellőztetést nem szabad alkalmazni.

Természetes szellőzés esetén a be- és kiömlőnyílás szabad keresztmetszete legalább

$$A > 28 \cdot Q \text{ legyen}$$

$$\text{ahol } A = \text{cm}^2 \quad Q = \text{m}^3/\text{ó}$$

**A szükséges keresztmetszet számítása**

$A = 28 \cdot 21,37 = 598,6 \text{ cm}^2$  ez megfelel egy 25·25 cm-es szögletes nyílásnak

**A szükséges légszere számítása az MSZ – EN 50272-2:2001 előírása szerint**

A kiinduló adatok ugyanazok mint az előző szabványnál alkalmazott számításnál

az akkumulátor cella feszültsége  $U = 2,5 \text{ V}$   
 az akkumulátor 10 órás névleges tároló képessége  $C = 154 \text{ Aó}$   
 az akkumulátorcellák száma  $n = 115$   
 nyitott cellás ólom akkumulátorsor feszültsége  $12 \text{ V}$   
 alacsony antimon tartalom

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gáz}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \quad \text{m}^3/\text{ó}$$

ahol  $Q =$  szellőztetés légmennyiség  $\text{m}^3/\text{ó}$ -ban  
 $v =$  a hidrogén szükséges hígítása  $(100-4) / 4 \% = 24$   
 $q = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Aó}$  keletkező hidrogén  
 $s =$  ötszörös biztonsági tényező  
 $n =$  cellák száma

$I_{\text{gáz}} =$  gázt termelő áram mA-ben osztva a névleges kapacitással Aó-ban, csepptöltés esetén

$I_{\text{cs}}$  vagy gyorstöltés esetén  $I_{\text{gy}}$

$C_{\text{rt}} =$  kapacitás  $C_{10}$  savas ólom cellák esetén,  $U_f = 1,80 \text{ V/cella } 20 \text{ °C-on}$   
 vagy kapacitás  $C_5$  NiCd cellák esetén,  $U_f = 1,00 \text{ V/cella } 20 \text{ °C-on}$

$v \cdot q \cdot s = 0,05 \text{ m}^3/\text{Aó}$ -val a szellőzés légmennyiség képlet

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gáz}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \quad [\text{m}^3/\text{ó}]$$

A gázt termelő áramot a következő képlettel határozhatjuk meg  $20 \text{ °C-on}$ :

$$I_{\text{gáz}} = I_{\text{cs/gy}} \cdot f_g \cdot f_s \quad \text{mA/Aó}$$

$I_{\text{cs}} =$  csepptöltő áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség  
 ( a keletkező hidrogén minimális, a szellőztetést nem erre kell méretezni)

$I_{\text{gy}} =$ gyorstöltő áram teljes töltöttség alatt meghatározott töltőfeszültség  
 ( a keletkező hidrogén maximális, a szellőztetést erre kell méretezni)

$f_g =$ gázkibocsájtási tényező, arányos a gáztermelő árammal a teljes töltöttség állapotáig (értéke a táblázatban található)

$f_s =$ biztonsági tényező, ha az akkumulátor hibás cellát tartalmaz sérült vagy öreg akkumulátoroknál (értéke a táblázatban található)

$$I_{\text{gáz}} = 1 \cdot 5 \cdot 1 = 5 \text{ mA/Aó}$$

## I áram értékei IU vagy U karakterisztika szerinti töltés esetén

	savas ólom akku szellőzött cellákkal Sb<3% <sup>1)</sup>	savas ólom akku szelep szabályozott cellákkal	NiCd akku szellőzött cellákkal <sup>2)</sup>
gázkibocsájtási tényező $f_g$	1	0,2	1
gázkibocsájtási biztonsági tényező $f_s$	5	5	5
csepptöltés feszültség $U_{cs}$ <sup>3)</sup> V/cella	2,23	2,27	1,4
tipikus csepptöltő áram $I_{cs}$ mA/Aó	1	1	1
áram $I_{gáz}$ mA/Aó szellőzés számításához csepptöltéskor	5	1	5
gyorstöltés feszültség $U_{gy}$ <sup>3)</sup> V/cella	2,4	2,4	1,55
tipikus gyorstöltő áram $I_{gy}$ mA/Aó	4	8	10
áram $I_{gáz}$ mA/Aó szellőzés számításához gyorstöltéskor	20	8	50
1) magasabb antimontartalom (Sb) esetén forduljon a gyártóhoz a megfelelő adatért 2) rekombinációs típusú NiCd cellák esetén konzultáljon a gyártóval 3) a töltőfeszültség savas ólom cellák esetén módosítható az elektrolit fajsúlyával			

1 számú táblázat

Ha a gyártó más adatot nem ad meg az 1 számú táblázatot kell használni.

A csepptöltő ill. gyorstöltő áram a hőmérséklet emelkedésével nő, 40 °C-ig a hőmérséklet növekedés hatásait a táblázat értékei figyelembe veszik.

Rekombinációs típusú katalizátoros záródugók esetén  $I_{gáz}$  gáztermelő áram értéke a 50%-ra csökkenthető.

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{gáz} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ó}$$

ahol  $n = 115$

$$I_{gáz} \text{ csepptöltésre} = 5 \quad \text{gyorstöltésre} = 20$$

$$C_{rt} = 154 \text{ Aó}$$

### Számítás csepptöltésre

$$Q = 0,05 \cdot 115 \cdot 5 \cdot 154 \cdot 10^{-3} = 4,42 \text{ m}^3/\text{ó}$$

### Számítás gyorstöltésre

$$Q = 0,05 \cdot 115 \cdot 20 \cdot 154 \cdot 10^{-3} = 17,71 \text{ m}^3/\text{ó} \text{ ez a veszélyesebb}$$

A két szabvány szerinti számítás eltérő eredményt ad.

$$\begin{aligned} Q &= 0,055 \cdot 115 \cdot 3,38 &= 21,37 \text{ m}^3/\text{ó} &\text{ az MSZ 1600/16 szerint} \\ Q &= 0,05 \cdot 115 \cdot 20 \cdot 154 \cdot 10^{-3} &= 17,71 \text{ m}^3/\text{ó} &\text{ az MSZ -EN 50272-2 szerint} \end{aligned}$$

### Az akkumulátorcellák közvetlen környezetének robbanásveszélyes térsége

Az akkumulátorok közvetlen közelében a gázok felhígulása még nem következik be, meghatározott térrészben a durranógáz elege jelen van. A robbanásveszélyes hidrogéngáz szétterjedése és hígulása függ a mennyiségétől és a szellőzéstől a kilépés helyének közelében. A d biztonsági távolságot a kilépés helyétől a gázelegy gömbszerű szétterjedését feltételezve állapíthatjuk meg az MSZ -EN 50272-2 szerint.

$$d = 28,8 \cdot \sqrt[3]{I_{\text{gáz}}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{ahol } I_{\text{gas}} &= \text{gáztermelő áram (mA / Aó)} \\ C_{rt} &= \text{névleges kapacitás (Aó)} \end{aligned}$$

$$I_{\text{gáz}} = I_{\text{cs/gy}} \cdot I_g \cdot I_s \quad (\text{mA/Aó}) \quad \text{az 1 számú táblázatból}$$

$$I_{\text{cs/gy}} = 4$$

$$I_g = 1$$

$$I_s = 5$$

$$I_{\text{gáz}} = 20$$

a 80 V-os akkumulátor kevés antimon tartalommal szellőzött cellákkal  $C_{rt} = 1000 \text{ Aó}$

### Számítás

$$d = 28,8 \cdot \sqrt[3]{5} \cdot \sqrt[3]{1000} \quad d = 28,8 \cdot 1,71 \cdot 10 \quad d = 492 \text{ mm}$$

### 80 V-os akkumulátor esetén kerekítve 0,5 m

Manapság egyre gyakrabban találkozunk olyan szabályozott töltő berendezéssel, amely újszerű megoldásával jelentősen csökkenti a keletkező durranógáz mennyiségét.

**Az MSZ-EN 62485-3:2015 szabvány a vontatási akkumulátorok előírásait tartalmazza**

**I áram értékei IU vagy U karakterisztika szerinti töltés esetén**

töltési karakterisztika	savas ólom akku szellőzött cellákkal	savas ólom akku szabályozott biztonsági szelepes cellákkal (VRLA)	NiCd akku szellőzött cellákkal	zárt NiCd akku vagy nikkelmetal-hidrid cellákkal
csökkenő áramú	7	nem alkalmazható	nem alkalmazható	nem alkalmazható
IUI töltés	5	1,5	5	konzultáljon a gyártóval
IU töltés	(2,4 V/cella max) 2	(2,4 V/cella max) 1,0	(1,55 V/cella max) 5	konzultáljon a gyártóval

VRLA Valve Regulated Lead Acid – zárt biztonsági szelepes ólomakkumulátorok

**2 számú táblázat**

A szabványban a szükséges légcseré 100 Aó –ra vonatkoztatva:

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gáz}} \text{ m}^3/\text{ó}$$

ahol

- Q = szellőztetés légmennyiség m<sup>3</sup>/ó-ban
- v = a hidrogén szükséges hígítása (100-4) / 4 % = 24
- q = 0,42·10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/Aó keletkező hidrogén
- s = ötszörös biztonsági tényező
- n = cellák száma

ahol

- n = 12
- I<sub>gáz</sub> = 5
- C<sub>rt</sub> = 250 Aó

2 számú táblázatból

**Számítás 100 Aó-ra**

$$Q = 24 \cdot 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 12 = 0,6 \text{ m}^3/\text{ó}$$

**Számítás 250 Aó-ra**                      0,6·2,5 = 1,52 m<sup>3</sup>/ó

**A szükséges keresztmetszet számítása**

$$A = 28 \cdot 1,52 = 42,33 \text{ cm}^2 \text{ ez megfelel egy } 6,5 \cdot 6,5 \text{ cm-es szögletes nyílásnak}$$

## Impulzus töltési mód

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gaz}} \cdot C_n / 100 \quad \text{m}^3/\text{ó}$$

ahol

$Q$  = térfogatáram,  $\text{m}^3/\text{ó}$

$n$  = az akkumulátorcellák száma

$I_{\text{gaz}}$  = a gázt termelő áram értéke A (táblázatból)

$C_n$  = névleges kapacitás (Aó)

$C_{\text{pul}}$  = a pulzáló idő alatti töltőkapacitás

$C_{\text{pau}}$  = pulzáló szünet alatti töltőkapacitás

$I_{\text{pul}}$  = pulzáló töltési idő órában

$I_{\text{pau}}$  = pulzáló szünet ideje órában

kiinduló adatok: akkumulátor feszültség 80 V

$$C_n = 420 \text{ Aó}$$

$$n = 40$$

$$I_{\text{gaz}} = 5 \text{ A} \quad (100 \text{ Aó-ra}) \quad \text{a 3 számú táblázatból}$$

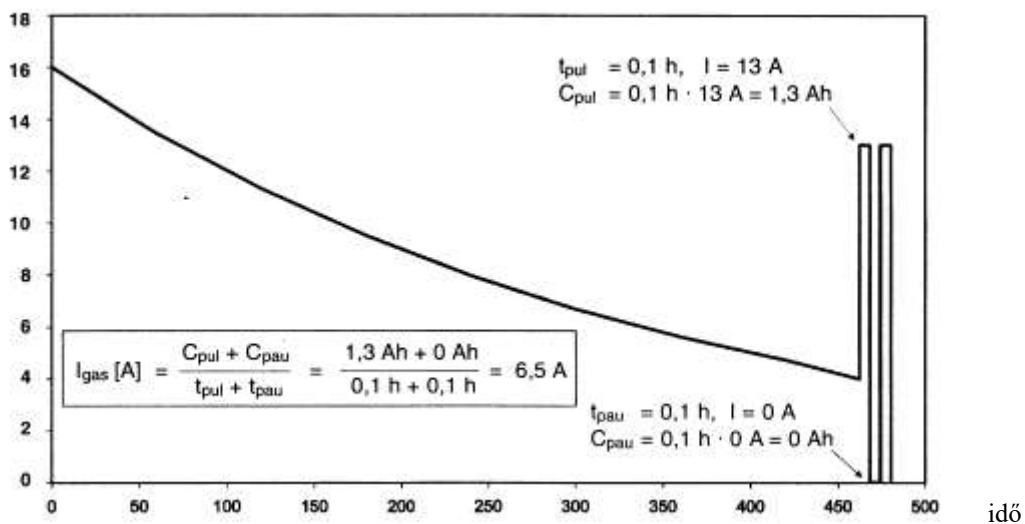
$$C_{\text{pul}} = 1,3 \text{ Aó}$$

$$C_{\text{pau}} = 0$$

$$I_{\text{pul}} = 0,1 \text{ ó}$$

$$I_{\text{pau}} = 0,1 \text{ ó}$$

töltőáram



$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gaz}} \cdot C_n / 100 \quad \text{m}^3/\text{ó}$$

$$Q = 0,05 \cdot 40 \cdot 6,5 \cdot 420 / 100 \quad \text{m}^3/\text{ó} = 42 \text{ m}^3/\text{ó}$$

A keletkező durranógáz mennyisége IUa töltés esetén 50-80 % al kevesebb mint a hagyományos akkunál.

### A szükséges keresztmetszet számítása

$$A = 28 \cdot Q$$

$$A = 28 \cdot 42 \text{ cm}^2 = 1176 \text{ cm}^2 \text{ ez megfelel egy } 34 \cdot 34 \text{ cm-es szögletes nyílásnak}$$

### I áram értékei IU vagy U karakterisztika szerinti töltés esetén

töltési karakterisztika	hagyományos savas ólom akku $I_{\text{gáz}}$	szeleppel zárt savas ólom akku $I_{\text{gáz}}$	NiCd akku $I_{\text{gáz}}$
IU töltés	(2,4 V/cella feszültség határ) 2 <sup>b</sup> A	(2,4 V/cella feszültség határ) 1 <sup>b</sup> A	(1,55 V/cella feszültség határ) 5 <sup>b</sup> A
IUI töltés	a 3. töltési fázisban max 6 A	a 3. töltési fázisban max 1,5 A	a 3. töltési fázisban max 5 A
W töltés	legalább 2,6 V/cella feszültségnél a tipikus tartomány 5-7° A között	d	d

a) belső rekombinációs NiCd cellák esetén forduljon a gyártóhoz  
 b) a sokféle megoldású kialakítás miatt konzultáljon a gyártóval  
 c) az egyszerű W töltésű karakterisztika átkapcsolás nélkül  
 d) a W töltési karakterisztika nem jellemző ezekre az akkumulátorokra forduljon a gyártóhoz

### 3 számú táblázat

### A robbanásveszélyes térség környezetének számítása

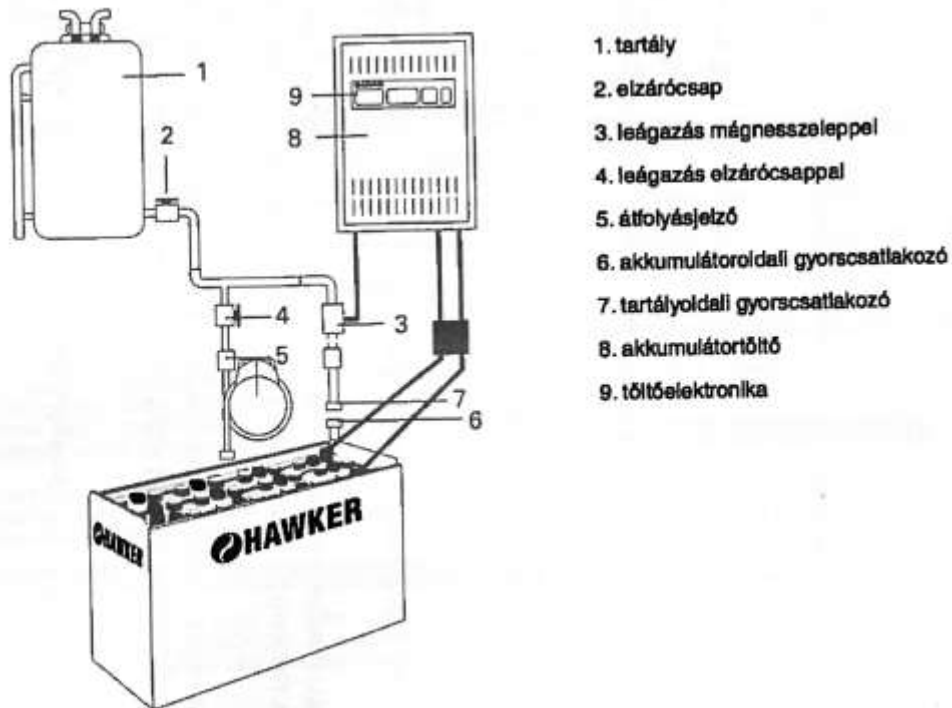
$$d = 28,8 \cdot \sqrt[3]{I_{\text{gáz}}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \text{ mm}$$

$$d = 28,8 \cdot 6,5 \cdot \sqrt[3]{420} \quad d = 28,8 \cdot 1,86 \cdot 7,48 \quad d = 401 \text{ mm}$$

## Keringetős akkumulátor töltő

A készülék öblítő levegő betáplálásával és keringetésével üzemel. A Hawker membránpumpa vagy az akkumulátortöltőben van, vagy különálló. A nyomásfigyelő megfelelő működését a helyi körülményekhez igazítják. A pótlásra szolgáló desztillált vizes tartályt a rendszerbe bekötik, majd a töltővel együtt működtetik. A töltőkészülék önellenőrzés után elkezd az akkumulátor töltését.

A töltés impulzus töltési karakterisztikájú. A gyártó által megadott paraméterek szerint üzemeltethető. A keletkező durranógáz mennyisége e rendszerrel is csökken.



Ennek a rendszernek az alkalmazása során a keletkező durranógáz mennyisége a szabványok alapján nem számítható.



## Egy nagylégterű csarnokban a targonca akkumulátorok töltése során keletkezett és mért hidrogén koncentrációról és a tapasztaltak összegzése

### A savas akkumulátorok villamos jellemzői:

az akkumulátorok kis antimon tartalmúak, feszültségük 24 és 48 V  
a töltők töltési karakterisztikája IUIa illetve WOWa  
kapacitás 160-880 Aó között, 20 órás ciklusúak

A feladat a targonca akkumulátorok töltése során a keletkező hidrogén koncentráció mérése.  
A hidrogén koncentráció mérése Dräger Multiwarn II levegő mintavevővel és katalitikus égető érzékelővel az akkumulátor felett 10 cm és 1 m magasságban történt.

### A hidrogén koncentráció mérésével kapcsolatos tapasztalatok.

Mérési eredmények 90 db akkumulátornál a töltöttségi fok függvényében értékelés

első mérés 10 cm-re a cella fölött	töltők száma	koncentráció %	töltöttség
	16 db	0	kezdeti
	9 db	0	félig
<b>megismételendő mérések</b>	<b>19 db</b>	<b>0,05-0,65 között</b>	<b>80-90%</b>
	46 db	0	teljes

második mérés 1m-re a cella fölött	töltők száma		töltöttség
	6 db	1 alatt	80-90%
	8 db	0,01-0,05 között	80-90%
	5 db	0,5-0,65 között	80-90%

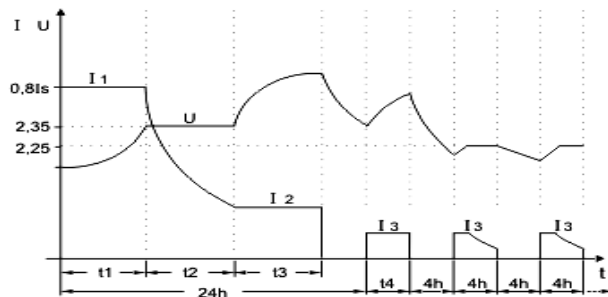
A durranógáz fejlődése az akkumulátor 80 %-os feltöltöttsége után várható, mintegy 90 %-os töltöttségi fok eléréséig. A hidrogéngáz koncentrációja a cella fölött 10 cm –es magasságban tizenkilenc akkumulátornál 0,05 és 0,65 % között változott, ezért a cella fölött 1 m-es magasságban ismételten megmértük a tizenkilenc akkumulátornál. Öt akkumulátornál 0,5 és 0,65 % között volt a koncentráció ebben a magasságban, jóval az ARH alatt volt a töménység.

A példánkban a mérés helyszínén szereplő csarnokban a hidrogén nem tud veszélyes mértékben feldúsulni a födém alatt, mert:

- a hidrogén rendkívül illékony, a födémszerkezeten is könnyen átdiffundál
  - a csarnokban van szellőzőnyílás, nagy a légtér
  - a nagylégterű csarnoknál az ötszörös légcserre biztosan megvan még nyáron is
  - a légcserre természetes úton biztosítható a kialakított nyíláson a huzathatás képes eltávolítani a keletkező hidrogén gázt
  - a durranógáz rövid ideig keletkezik a töltési karakterisztikája IUIa illetve WOWa biztonsági töltők alkalmazásával
  - a szellőzés mértéke megfelel az elvárásoknak, van gáz érzékelő és szellőző ventilátor
- Az eddigiek alapján a csarnokot nem kell robbanásveszélyesnek tekinteni, mert a veszély csak helyileg és csak a töltés - veszélyes szakaszán és utána csak rövid időre - meghatározott időtartamon belül alakulhat ki.

Az IUa töltési mód alkalmazása esetén a töltőfeszültség és a töltőáram korlátozása a minimális durranógáz képződéssel jár a csepptöltés időnként szükséges.

feszültség és töltőáram



idő

### A robbanásveszélyes zóna kialakulása és időtartama a használat függvényében

**Benzines és dízeles jármű beszerelt akkumulátora** az indításkor rövid ideig nagy áramot vesz fel, amit a jármű a közlekedés során pótol. Robbanásveszélyes térség az akkumulátor celláinak közelében van, durranógáz alig keletkezik és az a szabadba kerül, majd eloszlik. A tárgyalt szabványok nem vonatkoznak rá. Egy lemerült akkumulátor töltése kis rizikóval jár. Ha a lemerült akkumulátort tölteni kell csak az akkumulátor közvetlen közelében és rövid időre kis kubatúrában lehetséges robbanásveszélyes közeg jelenléte, ami gyorsan eloszlik.

robbanásveszély	
rövid töltési idő	elhanyagolható
rövid vagy tartós fogyasztás	nincs

**Értékelés:** A rövid időtartamú ciklus során nem alakul ki robbanásveszélyes térség, az akkumulátor térsége 2-es elhanyagolható kiterjedésű zónát eredményez.

**Targoncáknál,** mobil lépcsőknél robbanásveszély az akkumulátor celláinak közelében durranógáz a töltés idején keletkezik. A tárgyalt MSZ-EN szabványt alkalmazzuk, mert nincs más. Általában több targonca üzemel amelyek akkumulátora nagy kapacitású, ezért nagy a rizikó és jelentős mennyiségű durranógáz keletkezésével lehet számolni.

Ha több lemerült akkumulátort kell tölteni, akkor az akkumulátor teljesítményétől, az akkumulátorok számától és a töltési módtól függően néhány méter távolságban alakul ki a robbanásveszélyes közeg, ami hatékony szellőztetéssel eltávolítható. A természetes szellőzés legtöbbször elégséges.

robbanásveszély	
ismétlődő tartós töltési idő	van robbanásveszély
rövid vagy tartós fogyasztás	nincs

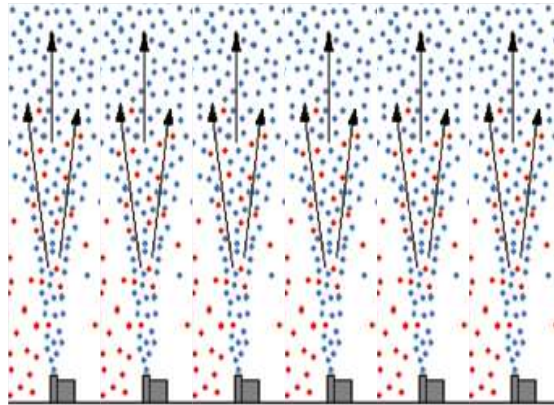
**Értékelés:** A napi vagy heti ciklus során kialakulhat robbanásveszélyes térség, az akkumulátor térsége 1-es kiterjedésű zónát eredményez.

**A szünetmentes tápegységekben** sokszor évekig nincs használat csak kiegyenlítő töltésre és cseptöltésre van szükség durranógáz alig keletkezik ennek eltávolítására kell készülni, amit természetes szellőzéssel el lehet érni. A tárgyalt szabványok vonatkoznak rá. Ha a lemerült akkumulátort tölteni kell csak az akkumulátor közvetlen közelében és rövid időre kis kubatúrában lehetséges robbanásveszélyes közeg jelenléte, ami gyorsan eloszlik.

robbanásveszély	
rövid töltési idő	robbanásveszély lehet
rövid vagy tartós fogyasztás	nincs

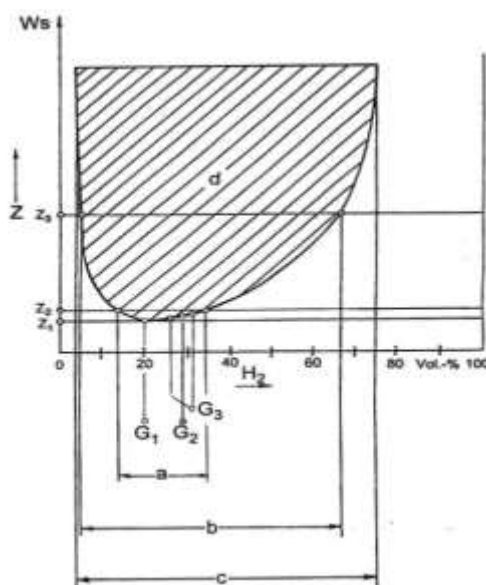
**Értékelés:** A sokszor évekig tartó ciklus során rendkívül ritkán alakul ki robbanásveszélyes térség, az akkumulátor térsége 2-es elhanyagolható kiterjedésű zónát eredményez, ami hatékony szellőzéssel hígítható.

**A kialakuló zóna feltételezett képe a 12 V-os hat cellás akkumulátor környezetében**



megjegyzés: a hidrogén mintegy tizennyolcszor könnyebb a levegőnél, így a kilépési helytől felfelé igen keskeny sávban felfelé áramlik nagy sebességgel, miközben gyorsan hígul, így a zónakép és a zónaméret jelentősen más vízszintesen és függőlegesen.

**A hidrogén égési és robbanási tartománya és gyújtási energiaszintje levegőben**  
(ami 78,8 % nitrogénből és 20,95 % oxigénből áll)



c az éghetőség határai	4-75,6 %
b a robbanásszerű égés határai	5-66 %
a a detonáció jellegű égés határai	14-34 %

Z <sub>1</sub>	a minimális gyújtási energiaszint 20 μJ
G <sub>1</sub>	a minimális gyújtási energiaértékhez tartozó koncentráció 21 %-nál
G <sub>2</sub>	sztoichiometriai keverék 29,6
G <sub>3</sub>	a legbrizánsabb keverék 27-31

megjegyzés: A töltés alkalmával a cellákban és centikkel a cellák fölött ideális – sztöchiometriai – (hidrogénből és oxigénből álló) robbanásveszélyes keverék van, ami egy gyulladást követően az akkumulátor felrobbanását okozza. A kép a BKI EX Vizsgálóállomás mérésein alapul.

**A szabványok alkalmazásáról:**

A durranógáz keletkezése akkor intenzívebb, ha a töltőfeszültség meghaladja a gázosodási feszültség értékét és ha gyorsöltést alkalmazunk. Az időegység alatt keletkezett hidrogén eltávolítása ez esetben tervezendő. Ebből következik, hogy az MSZ 1600/16 előírása a hagyományos töltő alkalmazása esetén alkalmazható.

A töltéskímélő karakterisztikával működő akkumulátorok esetében a durranógáz mennyisége akár 80 %-kal kevesebb. Tovább csökkenti a rizikót, hogy az időegység alatt keletkező durranógáz mennyisége kevesebb. Ezért az MSZ-EN 50272- 2 és a visszavont MSZ-EN 50272-3 illetve a gyártó előírásai a mértékadók.

2012 májusában a Gépmi megkereste a Szabványügyi Testületet azzal, hogy az MSZ 1600-16:1992 szabványt vonják vissza, mert megjelent és Magyar Szabványként bevezették az MSZ-EN 50272 szabványsorozatot, így a két előírás alkalmazása problémákat fog okozni.

A következő válasz érkezett:

„MSZ 1600-16:1992- E szabvány alkalmazási területe tágabb az európai szabványok alkalmazási területénél, az akkumulátorok elhelyezésére, az akkumulátorhelyiség, illetve a környezetének kialakítására határoz meg követelményeket, míg az európai szabványok az alkalmazásra koncentrálnak. Ellentétes követelmények nincsenek. A szabványügyi műszaki bizottság nem javasolta a visszavonását”

### **A problémák a következők**

Az MSZ 1600/16:1992 (a helyhez kötött akkumulátorok telepítése, akkumulátor helyiségek és töltőállomások létesítése ) Magyar Szabványt Európában nem ismerik, nem alkalmazzák. A mobil akkumulátorokra targoncákra csak korlátozottan alkalmazható.

E szabványban a megengedett cellafeszültség értéke tág határok között választható, ami jelentősen befolyásolja a számítás végeredményét. A gyártók nem sűrűn tájékoztatják a használót a cellafeszültség megengedett határértékéről. A töltési karakterisztikából adódó eltéréseket nem veszi figyelembe. A vevő a gyártó ajánlásait nem ismeri. A szabványokban ismertetett állandók és származtatott értékek eltérnek, így nem azonos szellőztetési érték számíthatók. A legmodernebb töltőknél a szabványok számításai nem alkalmazhatók.

### **Hatályos MSZ-EN szabványokról**

Az MSZ-EN 50272-1:2011 szabvány az akkumulátorok és akkumulátortelegek biztonsági tájékoztatásáról szól. Az MSZ-EN 50272-2:2001 szabvány a helyhez kötött akkumulátorokról ír. Az MSZ-EN 50272-3:2003 szabvány a vontatási akkumulátorok előírásait tartalmazza, amit 2015-ben visszavontak. Ebből a szabványsorozatból vonták vissza a legtöbbet.

A Magyarországon alkalmazott szabványokban a képletek nem azonos kiinduló információk a számítható végeredmények eltérők. A gyakorlatban szinte mindig a magyar előírások érvényesítését szorgalmazzák. Hidrogén koncentráció mérési eredményekről alig van tudomásunk. Az MSZ-EN 50272-4:2007 szabvány a hordozható készülékekben lévő savas akkumulátorok előírásait tartalmazza. Európában több mint száz szabvány jelent meg elsősorban angol nyelven és azokból rövid jelenléte követően közel a felét visszavonták. A megjelenő új töltő rendszerek és töltési karakterisztikák hatásait alig alkalmazzák a veszélyhelyzet elemzése során. Az MSZ-EN 62485-3:2015 szabvány a vontatási akkumulátorok előírásait tartalmazza.

A gyári előírások a szabványoktól eltérőek lehetnek ezért a gyártó előírásai a mértékadók. Számítalan olyan szekunder cella és energiatároló létezik amit nem szabványosítottak. Sok kísérlet folyik a nem szabványosított üzemanyag cellákkal.

### **Összegzés**

A starter akkumulátoroknál a töltési ciklusban alig keletkezik hidrogén.

A szünetmentes tápegységekben csak kiegyenlítő töltésre és csepptöltésre van szükség hidrogén alig keletkezik. A modern töltők és a fejlődő technika eredménye alapján a keletkező hidrogén mennyisége kevesebb mint amit a szabványokban leírtak alapján számítható.

A mérési eredmények azt bizonyítják, hogy a kémélő töltési módok alkalmazása esetén a durranógáz keletkezése időben elhúzódik, van ideje felhígulni, a helyiségből eltávozni, a szellőzés hatékonynak nevezhető, ezért az ilyen helyiségek nem robbanásveszélyesek.

