www.alumiini.fi

ALKUAINE NRO 13

www.alumiini.fi
ALKUAINE NRO 13

– alumiinia muodossa ja toisessa

Kädessäsi oleva julkaisu on suomalaiselta kannalta katsottu kooste alumiinista, sen hyötykäytöstä ja suhteesta ympäristöön. Teos perustuu niin kansainvälisiin kuin kotimaisiinkin tietoihin ja kokemuksiin.

Toimituskunta toivoo, että teos saavuttaa mahdollisimman laajan, enemmän tai vähemmänkin alumiinista kiinnostuneen selailija- ja lukijakunnan.

Teknologia teollisuus

Lyhyesti kannesta:

– alumiinin graafinen symboli

Alkuaineen jaksollinen järjestelmä
– kaikki alkuaineet loogisessa järjestyksessä

www.alumiini.fi
– suomenkielinen internet-sivusto, joka jakaa tuoreinta tietoa alumiinista ja siihen liittyvistä tutkimus- ja kehitysuutisista kaikille alan harrastajille

Teknologiateollisuus ry
– huolehtii mm. siitä, että sen 1 200 jäsenyrityksellä, jotka edustavat yhteensä 90 % Suomen teknologiateollisuudesta, on menestymisen edellytykset kansainvälisessä kilpailussa

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61, muut. 897/80) ja valokuvalain (405/61, muut. 898/80) mukaisesti kielletty lukuun ottamatta Suomen valtion ja Kopiosto ry:n tekemässä sopimuksessa tarkemmin määriteltyä osittaista kopiointia opetustarkoituksiin.

Julkaisija *Teknologiateollisuus ry*
Alumiinituotteet-toimialaryhmä
Eteläranta 10, 00130 Helsinki
Puhelin (09) 192 31
Faksi (09) 624 462
www.teknologiateollisuus.fi

ISBN 951-857-697-3
2. tarkistettu painos

Paino *Ecapaino Oy, Lahti 2004*
Teksti *Kari Janhunen, Kuopio*
Piirrokset *Anita Polkutie, Lahti*
Taitto *Raili Sipura, St. Felis, Lahti*

www.alumiini.fi

Tuote on suunniteltu käytettäväksi

Tuotteelle, joksi laajasti käsitämme kaikki käytössä olevat laitteet, rakenteet ja tuotteet, asetetaan monia vaatimuksia. Käyttäjällä on omat vaatimuksensa. Valmistaja perustaa tuotantonsa yleensä hänelle tuttuun raaka-aineeseen ja valmistusteknologiaan.

Ympäristövaatimukset tuovat oman näkökulmansa rakenneratkaisuihin

Materiaalin maine ympäristöystävällisenä tai haitallisena materiaalina ohjaa suunnittelijaa. Ihmisen käyttämät tavarat aiheuttavat poistuessaan käytöstä jäteongelmia, jotka on ratkaistava. Tuotteen kestävyyttä arvioidaan usein sen rakennemateriaalin perusteella. Myös käsitys tuotteen turvallisuudesta perustuu usein sen rakennemateriaalista vallitsevaan yleiseen tai henkilökohtaiseen käsitykseen.

Tuotteen ostaja ei voi selvittää kovinkaan helposti itselleen kaikkea materiaaleihin liittyvää tietoa. Asiantuntijatkaan eivät usein ole "kehdosta hautaan" -periaatteella selvillä kaikesta tietyn rakennemateriaalin käyttöön liittyvästä tiedosta. Ketju materiaalin ottamisesta luonnosta käyttöön, valmistustekniikan kautta käyttöominaisuuksiin, korjattavuuteen ja käytöstäpoistoon sisältää suuren määrän avoimia kysymyksiä.

Yleensä ihminen toimii järkevästi. Kun kyseessä on tavara, jolla on selkeä käyttötarve, ajaa sopivuus käyttöön ylitse muiden ominaisuuksien. Näin tulee ollakin. Ellei, niin voidaan asettaa kyseenalaiseksi koko hyödykkeen tarpeellisuus. Kilpailu asiakkaan kukkarolla käydään hinnan ja miellettyjen tuoteominaisuuksien summana. Valmistamisen yksinkertaisuus tarjoaa kustannustehokkaan tuottamisen. Selkeä ja vain harvoja materiaaleja sisältävä tuoterakenne helpottaa ylläpitoa. Kierrätettävät materiaalit säästävät käytönjälkeisen käsittelyn kustannuksia.

"Köyhän ei kannata ostaa halpaa"

Tuttu kansanviisaus lähtee kai siitä ajatuksesta, että tarkoitustaan heppoisemmin tehty tuote on parasta jättää ostamatta. Uutena ominaisuutena tuotteisiin on tullut vaatimus niiden ympäristöominaisuuksien liittämisestä osaksi tuotesuunnittelua. Tämä tarkoittaa, ettei valmistus hukkaa raaka-ainetta hyödyntämiskelvottomaksi jätteeksi. Energiaa ei käytetä tarpeettomasti.

Tuotteen tulee käytössä olla myös edellä mainitulla tavalla tehokas. Valmistaja vastaa yhä useammin tuotteesta myös silloin, kun tuote poistetaan käytöstä. Kun jätteenkäsittely maksaa yhä enemmän ja kun ongelmalliset jätteet julistetaan ei-toivotuiksi maksattamalla niistä moninkertaiset käsittelykulut, joudutaan tuotteen katerakenne miettimään uudelleen. Tuotteen koko elinkaari on muuttumassa myyntiargumenteiksi.

EU laatii tuotteille yleisiä periaatteita

Periaatteiden eräänä päälinjana näyttää olevan käyttö- ja ympäristöturvallisuuden korostuminen. Kun vastuut kasaantuvat valmistajalle, on selvää ettei tuotteen ostaja voi välttyä niiden kustannuksilta. Valmistaja voi vastata haasteeseen esimerkiksi perehtymällä tarkemmin tuotteen käytön ja sen rakennemateriaalien yhteensopivuuksiin.

Tämä opas esittelee seikkaperäisesti ja laajasti erään yleisesti käytetyn rakennemateriaalin, alumiinin, ominaisuuksia.

Matti Vehkalahti
Ympäristönsuojeluneuvos

Sisällysluettelo

I osa: Allu ja alumiinin arkea Suomessa 8
- *Moi, olen Allu* 9
  - Turhat puheet sikseen, hyppää sivuille! 9
  - Ensiksi pari sanaa alumiinin historiasta ... 10
  - ... ja sitten vähän sen esiintymisestä ... 11
  - ... ja siitä, että alumiini on tarpeellista vaan ei välttämätöntä 11
- *Muutama pointti alumiinin perusominaisuuksista* 12
  - Helposti ja paljon tarjolla 13
  - Metallien höyhensarjalainen ja maratoonari 13
  - Muovailumetallia 14
  - Pakkasesta tulipaloon 15
  - Kestää enemmän kuin isältä pojanpojalle 15
  - Lämpö ei mene harakoille ja valo häikäisee 15
  - Ruoka kypsyy eikä mansikka maistu sipulilta 16
  - Kierrätettävää vaan ei häviävää 17
- *Kertaukseksi: Allun "ominaisuus, etu, käyttö" -katsaus* 18
  - Lujaa, lujaa! 19
  - Moneen muotoon monella tavalla 20
  - Vanhenee vaan ei kulu 20
  - Hyvin kiehuu 21
  - Hehkuvaa heijastusta 21
  - "Antaa vaan pakastaa ..." 22
  - Sulaa, sulaa, mutta harvemmin palaa 22
  - Sähköä sinne, minne pitääkin 22
  - Tiivis, tiiviimpi, alumiini 24
  - Ei haise, ei maistu kumpaankaan suuntaan 24

II osa: Alumiinifaktaa tarkempaa tietoa janoaville 26
- *Alumiinin kiertokulku* 27
  - Bauksiittiresurssit 28
  - Kaivostoiminta 29
  - Bauksiitin rikastaminen alumiinioksidiksi 30
  - Primaarialumiinin valmistus 31
  - Puolivalmisteiden valmistus 32
  - Alumiinin pintakäsittely 33
  - Alumiinin kierrättämistä ja hyötykäyttöä 33
- *Alumiinia suomalaisen teollisuuden käytössä* 34
- *Rakennusteollisuus* 36
  - Lujuus-painosuhde 37
  - Turvallisuus 37
  - Suunnittelijan vapaus 38
  - Kestävyys 38
  - Ympäristöominaisuudet 39
- *Kuljetusalan koneet ja laitteet* 40
  - Suunnittelijan vapaus 41
  - Alumiinin vaikutus rakenteiden turvallisuuteen 41
  - Etuja hyvästä lujuus-painosuhteesta 42
  - Alumiinin käytön ympäristönäkökohdat 43
- *Pakkausteollisuus* 44
  - Suunnittelijan vapaus 45
  - Eristävä + tiivis + läpäisemätön = hygieeninen ja myrkytön 45
  - Ympäristöominaisuudet 46
- *Muu teollisuus* 48
  - Sähkötekniset laitteet 49
  - Koneenrakennus 50
  - Ympäristöominaisuudet 50
- *Alumiini ympäristössä* 51
- *Alumiinin merkitys ihmisille, eläimille ja kasveille* 52
  - Alumiinin saanti 52
  - Alumiini ja ihminen 53
  - Alumiini, kasvit ja eläimet 53
  - Alumiinimetallin käytön merkitys 54
- *Alumiinin käyttö Euroopassa ja Suomessa* 56

III osa: Numeroita ja taulukoita alumiinifriikeille 58
- *Alumiinin perusominaisuuksia* 59
- *Alumiinin tuotanto* 60
  - Kaivostoiminta 60
  - Bauksiitin käsittely alumiinioksidiksi 60
  - Primaarialumiinin valmistus 61
- *Alumiinituotannon energiankäyttö* 62
  - Primaarialumiinin tuottaminen bauksiitista 62
  - Puolivalmisteiden valmistus 63
  - Alumiinin uusiokäyttö 63
- *Alumiinin valmistamisen ympäristökuormitus* 64
  - Alumiini ja ihminen 65
- *Alumiinin käyttö Euroopassa* 66
- *Alumiinin käyttö Suomessa* 68

Käytetty lähdeaineisto 70
Lisätietoja alumiinista 71
Hyödyllisiä linkkejä 71
Muistiinpanoja

I osa:

Allu ja alumiinin arkea Suomessa

Moi, olen Allu

Kun selaat käsissäsi olevaa opusta eteenpäin, tapaat minut monella sivulla. Oikeastaan tällä kertaa yritän puhua ihan asiaakin. Ja sen asian aihe on alumiini. (En olisi lukiossa uskonut, että vapaaehtoisesti alan pitää esitelmää!)

Jo ala-asteiässä isän kanssa kaikenlaisissa korjaushommissa törmäsin monenlaisiin alumiinikappaleisiin. Myöhemmin itsekseni perehdyin mopojen rakenteisiin ja havaitsin, että niissä käytetään paljon kevyitä ja kestäviä alumiiniosia: moottorin lohkoina, vanteina ja takapyörän haarukoissa.

Turhat puheet sikseen, hyppää sivuille!

Käymme kimpassa läpi tätä arkipäivän realismia alumiinista: millaista se on ja mihin kaikkeen ihminen sitä on tähän mennessä keksinyt käyttää. Alumiinilla on muutamia ainutlaatuisia ominaisuuksia, joiden vuoksi sitä on innostuttu hyödyntämään aika monessa tilanteessa. Jotkut tiedot yllättivät minutkin, täytyy myöntää.

Tämän kevyehkön, silti vain tosiasioita sisältävän ensimmäisen osan jälkeen saavat innokkaammat tutustua oppaan toisessa osassa alumiiniin syvemmin. Todella asialle omistautuneille on lopussa muutamalla sivulla taulukoita ja piirakoita tutkittavaksi. Pääasia on, että jokaiselle on teoksessa oma palstansa ja että kukin löytää sivuilta haluamansa alumiinitiedon. (Tasapuolista, eikö totta?)

Ensiksi pari sanaa alumiinin historiasta ...

Jo muinaiset antiikin kreikkalaiset ja roomalaiset käyttivät lääkinnässä sekä peittausaineena kankaiden ja nahkojen värjäyksessä alunaa. Aluna on monelle meistä tuttu sanaristikoista. Se on alumiinin suola, jossa on alumiinia ja kaliumia.

Alunakiveä käytettiin ennen vanhaan herrain parranajon apuna. Kun partaveitsi viilsi leukapielet verille, haavoja hoidettiin alunalla.

Vuonna 1824 tanskalainen Hans Christian Örstedt valmisti ensimmäisenä puhdasta alumiinimetallia. Pari vuotta myöhemmin saksalainen Friedrich Wöhler oli samalla asialla. Alumiinisanan oli kehitellyt englantilainen Sir Humphrey Davy jo jonkin aikaa ennen alumiinin löytymistä. Englantilaisethan tunnetusti pitävät sanaleikeistä.

Alumiinin teollista valmistusta elektrolyyttisellä rikastusmenetelmällä kehittelivät toisistaan tietämättä amerikkalainen Charles Hall ja ranskalainen Paul Héroult vuonna 1886. Sama menetelmä on edelleen käytössä alumiinin alkutuotannossa.

... ja sitten vähän sen esiintymisestä ...

Alumiinia on luonnostaan joka paikassa: maassa, vedessä, kasveissa ja eläimissä. Maan rapautumisen johdosta alumiinimineraaleja syntyy koko ajan enemmän kuin käytetään. Alumiini on heti hapen ja piin jälkeen kolmanneksi yleisin alkuaine maankuoressa. Esimerkiksi kottikärryllisessä eli noin 100 kg:ssa tonttimaata on noin 7 kg alumiinia. Tämä vastaa käytännössä neljää sataa puolen litran juomatölkkiä. Neliömetrissä tiiliseinääkin on alumiinioksidia 10–20 kg. Alumiini on käytössämme teräksen jälkeen toiseksi merkittävin metalli.

Tärkein alumiinimineraali on bauksiitti, jota louhitaan avolouhoksissa. Irrotetusta maakerroksesta erotetaan alumiinioksidi ja muu maa-aines jätetään suurin piirtein samalle paikalle, jotta pienen ehostuksen jälkeen maisema palaisi jälleen entiselleen. Bauksiittilouhokset sijaitsevat pääasiassa päiväntasaajan molemmin puolin, missä rapautuminen on nopeaa. Meitä lähin hyödynnettävä esiintymä on Unkarissa.

Tarkemmin alumiinin valmistusprosessista voit lukea tämän kirjasen toisesta osasta.

Muuten, olisitko tiennyt tai arvannut, että muutamat arvokivetkin, kuten rubiini, safiiri ja korundi ovat vain värjäytynyttä alumiinioksidia?

... ja siitä, että alumiini on tarpeellista vaan ei välttämätöntä

Yleisesti ottaen ihminen ei tarvitse alumiinia elämiseensä lainkaan. Sitä kuitenkin on kulkeutunut aina meihin elollisiin – eniten veden ja ruoan mukana sekä ilmasta tuulen nostattamana pölynä keuhkoihin.

Mitään vahinkoa alumiinin ei toistaiseksi ole todettu aiheuttavan keskivertoterveelle ihmiselle. Se ei pesiydy luihin tai ytimiin kovin helposti vaan kulkee elimistön läpi ja poistuu saman tien virtsan mukana.

Pääasiassa käytämme alumiinia vain arkipäivän askareita helpottamassa erilaisina tavaroina ja niiden osina, maalla, meressä, ilmassa ja avaruudessakin. Alumiini on oikeastaan aika jouhevaa ainetta.

Muutama pointti alumiinin perusominaisuuksista

Alumiini on nykyään monessa mukana. Koko ajan keksitään lisää uusia, varsin monipuolisia käyttösovelluksia. Mikä on käytettäessä, kun alumiinia on maan mineraalikuoressa todella paljon!

Alumiinia saa helposti monessa muodossa niin ensi- kuin uusiokäyttöönkin. Kunhan vain älyäisimme kierrättää sitä enemmän. Monien tuotteiden uusiokäyttö sujuisi paremmin, jos niissä olisi käytetty runsaammin alumiinia. Silloin tuotteilla olisi romunakin merkittävä rahallinen arvo.

Joku on joskus laskenut, että esimerkiksi vanhan alumiiniveneen romunostoarvo voi nousta jopa neljännekseen uuden alumiiniveneen tuotantoarvosta. Aika hyvä "pantinpalautus" – ja sen lisäksi vielä raaka-aineet uuteen veneeseen!

Helposti ja paljon tarjolla

Kuten sanottu, alumiinia on alkuaineena vähän joka puolella: vedessä, elintarvikkeissa, ilmassa leijuvassa pölyssä, kasveissa ja eläimissä. Kottikärryllisessä tonttimaata sitä on yli 7 kg – aika kimpale, kun ajatellaan miten kevyttä metallia alumiini on. Määrästä saa alumiinit 4 700:aan litran kokoiseen mehupakkaukseen!

Trooppisilla alueilla alumiini rikastuu rapautumisen vuoksi bauksiitiksi. Maaperä rapautuu koko ajan, joten alumiinia sisältäviä mineraalejakin muodostuu aina vain enemmän ja enemmän: suurin piirtein 50-kertaisesti se määrä, mikä tällä hetkellä käytetään.

Metallien höyhensarjalainen ja maratoonari

Alumiini painaa vain kolmasosan teräksen painosta. Keveyden vuoksi sitä on ryhdytty käyttämään paljon tavaroiden ja ihmisten kuljetusvälineissä, kuten valtamerilaivoissa, junissa, lentokoneissa ja autoissa. Kun tuotteet kevenevät, vauhti kasvaa mutta polttoainetta kuluu vähemmän. Tuloksena on tärkeitä säästöjä: aikaa, rahaa ja luontoa!

Vaikka alumiini on painoltaan metallien höyhensarjalainen, se on silti vahvaa ja jäykkää. Siksi sitä on yleisesti mukana erilaisissa suurissa rakennelmissa, joilta vaaditaan keveyttä mutta suurta lujuutta. Sitä käytetään esimerkiksi taloissa ja silloissa. Lujuutta alumiiniin voidaan lisätä sekottamalla siihen pieniä määriä sopivia muita aineita, kuten magnesiumia ja piitä.

Keveys on tärkeää myös pakkauksissa. Virvoitusjuomatölkki painaa vain noin 12 g ja se menee vielä pieneen tilaankin. Tuotteiden kuljettaminen vaatii vähemmän polttoainetta. Bruttopainon kasvamatta kuormaan mahtuu enemmän itse tuotteita.

Muovailumetallia

Sitkeää alumiinimetallia voi väännellä ja käännellä moneen suuntaan ja malliin, kylmänä tai kuumana. Sen eräs ominaisuus on siis lähes lyömätön muokattavuus. Tavallisimmat tavat valmistaa alumiinista helposti yhtä ja toista ovat valaminen, valssaaminen, pursottaminen ja vetäminen. Alumiinia voidaan lisäksi vaivattomasti työstää, porata, sorvata, hitsata ja leikata – arvaatkos millä? Niinpä niin, vaikkapa vedellä!

Jotkut pursottavat alumiinista melkoisia labyrinttitankoja, siis profiileja. Ne ovat keveitä ja turvallisia autojen rakenteissa yhtä hyvin kuin arkkitehtienkin luomuksissa, kuten talojen julkisivuissa. Jos ulkonäköön haluaa vaihtelua, alumiinia voi vaikkapa maalata tai anodisoida, mikä toisaalta taas kestävyyden kannalta on useissa tapauksissa tarpeetonta.

Pakkasesta tulipaloon

Vaikka olisi pakkasta –200 °C, ei alumiini juuri muuttuisi suuntaan eikä toiseen. Siksi se on turvallinen aine lentokoneissa, joilla ihmisiä lennätetään taivaalla –50 °C:een pakkasessa. Se on turvallinen myös maan päällä kulkevissa jokamiehelle tutummissa moottorikelkoissa.

Yli 200 °C:n lämpötilassa alumiinin lujuus pienenee, joten alumiinia ei pitäisi käyttää pitkiä aikoja niin kuumassa. Kattilat kyllä kestävät hyvin ruoanlaittoa, koska vesi kiehuu jo 100 °C:ssa. Samoin moottoreissa lämpötila pysyy alumiinille suotuisana jäähdytyksen ansiosta.

Alumiini sulaa alhaisessa lämpötilassa, noin 650 °C:ssa, mikä säästää energiaa uusiokäytössä. Rakennuksissa ominaisuutta hyödynnetään tekemällä rakenteita, jotka tulipalon sattuessa sulavat ja päästävät kuumuuden ja savut ulos. Alumiinin sulaessa siitä ei vapaudu haitallisia kaasuja. Näiden ominaisuuksien ansiosta sammuttaminen on helpompaa, kantavat rakenteet säilyvät ja korjauskustannukset pysyvät aisoissa.

Kestää enemmän kuin isältä pojanpojalle

Alumiini muodostaa luonnostaan oksidisuojan pintaansa niin, ettei se ruostu sen enempää vedessä kuin ilmassakaan. Vaikka pinta vähän naarmuuntuisikin, tulee uutta oksidikerrosta aina tilalle. Sopiva ja helppohoitonen ominaisuus varsinkin veneissä!

Ainoa, mikä alumiinia syövyttää nopeasti, on voimakkaasti happamat tai emäksiset olosuhteet, joita onneksi ei luonnossa vielä toistaiseksi yleensä ole. Nykyiset happosateet alumiini kestää mainiosti.

Lämpö ei mene harakoille ja valo häikäisee

Esimerkiksi lämmön talteenottolaitteissa, lämpöpattereissa ja sähkökaapeleissa hyödynnetään alumiinin erinomaista lämmön- ja sähkönjohtokykyä.

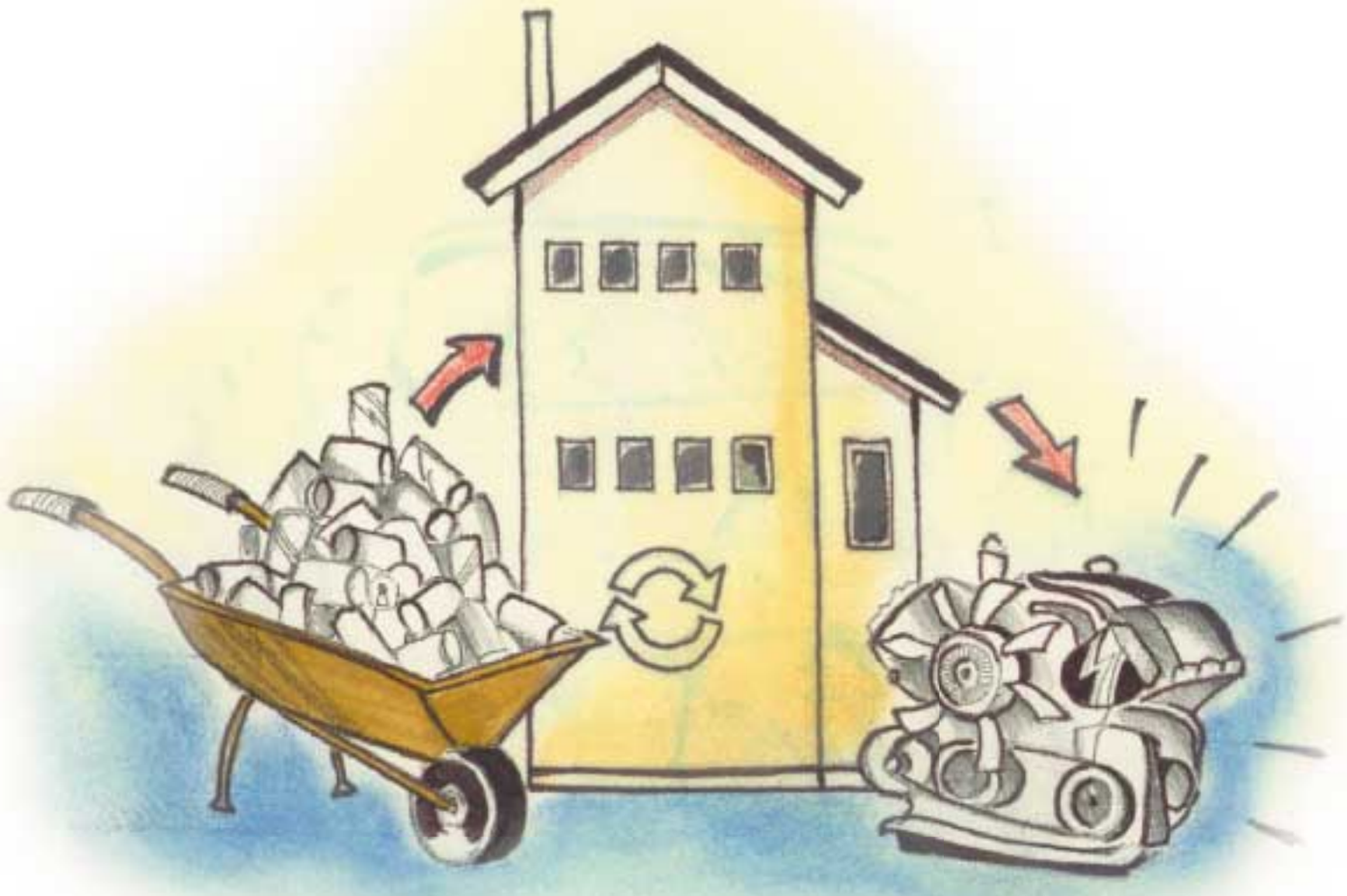
Alumiinin kykyä heijastaa valo- ja lämpösäteilyä käytetään hyvin hyödyksi lämpösäteilijöiden tai valaisimien heijastimissa, kuten ajoneuvovalojen umpioissa ja saunan eristeissä.

Ruoka kypsyy eikä mansikka maistu sipulilta

Keittiöissä alumiini on ollut tuttu juttu jo pitkään. Kevyet alumiiniset maito- ja piimähinkit sekä kattilat kolisivat aikoinaan meidänkin muorin tuvassa.

Vanhan ajan alumiinikattilalla ei kuitenkaan enää suositella keitettäväksi hyvin happamia marjoja. Nykyään alumiinipannut ja -kattilat pinnoitetaan teflonilla. Tiskaaminen käy leikiten, munat paistuvat nopeasti eivätkä kastikkeet pala pohjaan – paitsi joiltakin.

Koska alumiini on sekä eristävää että tiivistä, pakkaukset eivät läpäise hajuja, makuja, valoa, kaasuja eivätkä kosteutta. Hiuskarvaakin ohuempi alumiinifolio myös säilöö vitamiinit ja pitää pöpöt loitolla. Sen ovat huomanneet sekä elintarvike- että lääketeollisuus.



Kierrätettävää vaan ei häviävää

Onneksi alumiinituotteet eivät nykyolosuhteissa käytännöllisesti katsoen hajoa luontoon, joten ne aiheuttavat ympäristöön joutuessaan lähinnä esteettistä haittaa. Samalla ne ovat näkyviä todisteita ihmisten taloudellisesta ajattelemattomuudesta.

Jos meillä ihmisillä olisi yhtään todellista taloudellista älyä, ei vanhoja tai rikkinäisiä alumiinitavaroita jätettäisi minne sattuu. Alumiini on näet arvokasta metallia uudelleen käytettynäkin, joten järkevintä on siis huolehtia lajittelusta heti, kun alumiinituote poistuu käytöstä.

Monimetalliromustakin alumiini voidaan erotella vaivatta teolliseen hyötykäyttöön, käytettäväksi jälleen uusiin tuotteisiin. Raaka-ainekierrossa alumiinin hävikki on ainoastaan kolme prosenttia eikä energiaakaan kulu kuin muutama prosentti siitä, mitä alusta alkaen louhokselta rahdattu alumiini vaatii.

Suomessa metallikierrätystä hoidetaan jo aika hienosti, joten siitä vaan kaikki yhdessä alumiininkeräyshommiin! Siten vähenee raaka-aineen valmistustarve ja samalla säästyy energiaa.

Kertaukseksi: Allun "ominaisuus, etu, käyttö" -katsaus

Ennen kuin livahdatte asialliselle puolelle eli kakkososaan, jossa näitä minun löpinöitäni on selostettu vähän tarkemmin, otetaan pikakertaus alumiinista ja siitä valmistetuista tuotteista.

Huomautan, että olen maininnut vain joitakin esimerkkejä tämänhetkisistä tuotteista. Tilanteet vaihtuvat nykyään yllättäin, ja uutta keksitään niin Suomessa kun muuallakin. Mutta kunhan nyt nämäkin asiat alumiinista tiedätte, niin hyvä on.

Tutkijatyypit tai muuten asiaan enemmän jämähtäneet voivat tämän oppaan jälkeen ottaa esiin sen viimeisille sivuille painetun tietolähdeluettelon ja löytää lähteistä lisäinformaatiota omaan muistiin siirrettäväksi. Meikäläisen jakso päättyy tähän ominaisuuksista riippuvaan tuotekatsaukseen. Kiitokset seurasta!

Lujaa, lujaa!

Tiedetään, että alumiinia on olemassa paljon ja sitä saadaan käyttöön helposti. Siihen tosiasiaan kun lisätään alumiinimetallin keveys, vahvuus ja jäykkyys, päädytään tuttuihin tuotteisiin lumilapioista valtamerihöyryihin.

Yhteinen selitys alumiinin käyttöön näissä tuotteissa on rakenteen keveys. Sen ansiosta päästään suuriin matkanopeuksiin ja saadaan suuri lastikapasiteetti eli vähemmällä energialla enemmän hyötykuormaa kauemmaksi ja nopeammin.

Moneen muotoon monella tavalla

Kun etuihin seuraavaksi lisätään alumiinin helppo muokattavuus, saadaan aikaan materiaalia, joka sopii mainiosti kaikenlaisiin töihin. Alumiinia voidaan muotoilla pursottamalla, valssaamalla, valamalla, työstämällä, poraamalla tai hitsaamalla.

Koska muokkaaminen on suorastaan leikkiä, ei se vie paljon energiaakaan. Tuotteista tulee kerralla valmiita, työstämisiä ei juuri tarvita, ja kokoaminenkin sujuu vaivattomasti.

Monimutkaisissa, kestävissä ja kevyissä rakenteissa alumiini on käytössä todella tehokkaasti. Esimerkiksi ajoneuvojen rakenteet voidaan suunnitella turvallisiksi, kun ne itsessään pystyvät sitomaan törmäysenergiaa. Rakenteitten keveyden vuoksi autot kuluttavat vähemmän, kiihtyvät "käheesti" ja jarrutusmatkakin on lyhyempi.

Arkkitehdit voivat suunnitella erilaiset rakenteet vaikka kuinka monimutkaisiksi ja persoonallisiksi juuri keveyden ja helpon muokattavuuden ansiosta. Jopa rakennuspaikalla voidaan vielä tehdä viime hetken muokkailuja.

Vanhenee vaan ei kulu

Kun sitten otetaan lukuun mukaan se, että alumiini on lähes syöpymätöntä ja että se suojaa itse itsensä, alumiinille tarjoutuu taas lisää käyttömahdollisuuksia. Sitä käytetään varsin paljon esimerkiksi vene- ja laivanrakennuksessa. Isommat ja pienemmät alukset kestävät seilata niin makeassa kuin suolaisessakin vedessä eivätkä pienet pohjakosketuksetkaan haittaa.

Aika ratkaiseva etu on myös alumiinin helppohoitoisuus. Alumiinia ei tarvitse erityisesti huoltaa ulkokäytössäkään.

Hyvin kiehuu

Loistavan lämmönjohtavuutensa vuoksi alumiinia käytetään monissa ruoanvalmistusastioissa. Niinpä padat ja kattilat lämpenevät ja jäähtyvät tehokkaasti. Niillä on myös vähemmän lihaksikkaiden mukava kokkailla, sillä astiat ovat kevyitä siirrellä paikasta toiseen. Eivätkä eräretkeilijätkään pane pahakseen kanniskellessaan mukavan kevyttä, kestävää ja monikäyttöistä rokkapakkia, joka on tuttu varsinkin armeijan käyneille henkilöille.

Helppohoitoisuus on huipussaan etenkin teflonilla päällystetyissä astioissa.

Hehkuvaa heijastusta

Alumiini heijastaa niin että häikäisee. Siispä siitä saadaan oivia valaisinheijastimia, saunaneristeitä ja lämmönsäteilijöitä. Valotehoa riittää, ja lämpökin saadaan ohjattua sinne, minne halutaan – ja pidettyä tallella siellä, missä pitää.

Alumiinirunkoinen kasvihuone on myös tomaatin mielestä hyvä kypsymisympäristö.

"Antaa vaan pakastaa ..."

Edellä mainittujen puolien lisäksi alumiini kestää hyytävissäkin oloissa. Kylmänkestävyys on hyväksi moottorikelkoissa ja lentokoneissa. Niidenhän on toimittava ja oltava turvallisia talvisissa olosuhteissa ja korkealla ilmassa, missä pakkasta on enemmän kuin tarpeeksi.

Sulaa, sulaa, mutta harvemmin palaa

Jos käy niin ikävästi, että tulipalo yllättää talossa, jossa on käytetty rakennemateriaalina alumiinia katossa, ikkunoissa, seinissä tai muualla, talopa sulaa ennemmin kuin palaa. Siten pääsevät palon aiheuttamat lämpö ja savu pois. Pelastustoiminta on helpompaa, kun kantaviin rakenteisiin kohdistuva palokuorma on pienempi. Turvallisempaa siis.

Sähköä sinne, minne pitääkin

Nyt meillä on ominaisuuksista kasassa jo alumiinin runsaus, keveys, lujuus ja muokattavuus. Yhdistetäänpä niihin sähkönjohtavuus, niin johan syntyy säpinää sähköjohtimissa ja kaapeleissa. Alumiinikaapelit ja -johtimet ovat kevyitä, ja niiden sähkönsiirtokyky painoon verrattuna on hyvä. Esimerkiksi korkeajännitejohdot, joilla sähköä siirretään paikkakunnalta toiselle, ovat alumiinista.

Tiivis, tiiviimpi, alumiini

Jo 0,006 mm ohuen alumiinifolion eristävyys – jotkut sanovat tiiviys – on sataprosenttista. Sen vuoksi sitä käytetään paljon erilaisissa ehdotonta pitävyyttä edellyttävissä pakkauksissa.

Valoherkät filmit pysyvät pimeässä alumiinifoliokääreessä, joka ei päästä läpi valoa. Syöpymiseltä suojattavat teollisuusinstrumentit on syytä pakata happea ja vesihöyryä läpäisemättömään alumiinifolioon.

Samalla lailla tehdään steriileinä pidettäville lääkevalmisteille ja sairaanhoitovälineille. Eivät pääse "pöpöt jyllämään" väärillä paikoilla.

Ei haise, ei maistu kumpaankaan suuntaan

Loppujen lopuksi liitetään alumiinin etuluetteloon, että alumiinista itsestään ei liukene sen enempää hajua kuin makuakaan eikä se myöskään päästä niitä muualta läpi. Siispä se on mitä parasta ainetta ilmatiiviisiin elintarvikepakkauksiin.

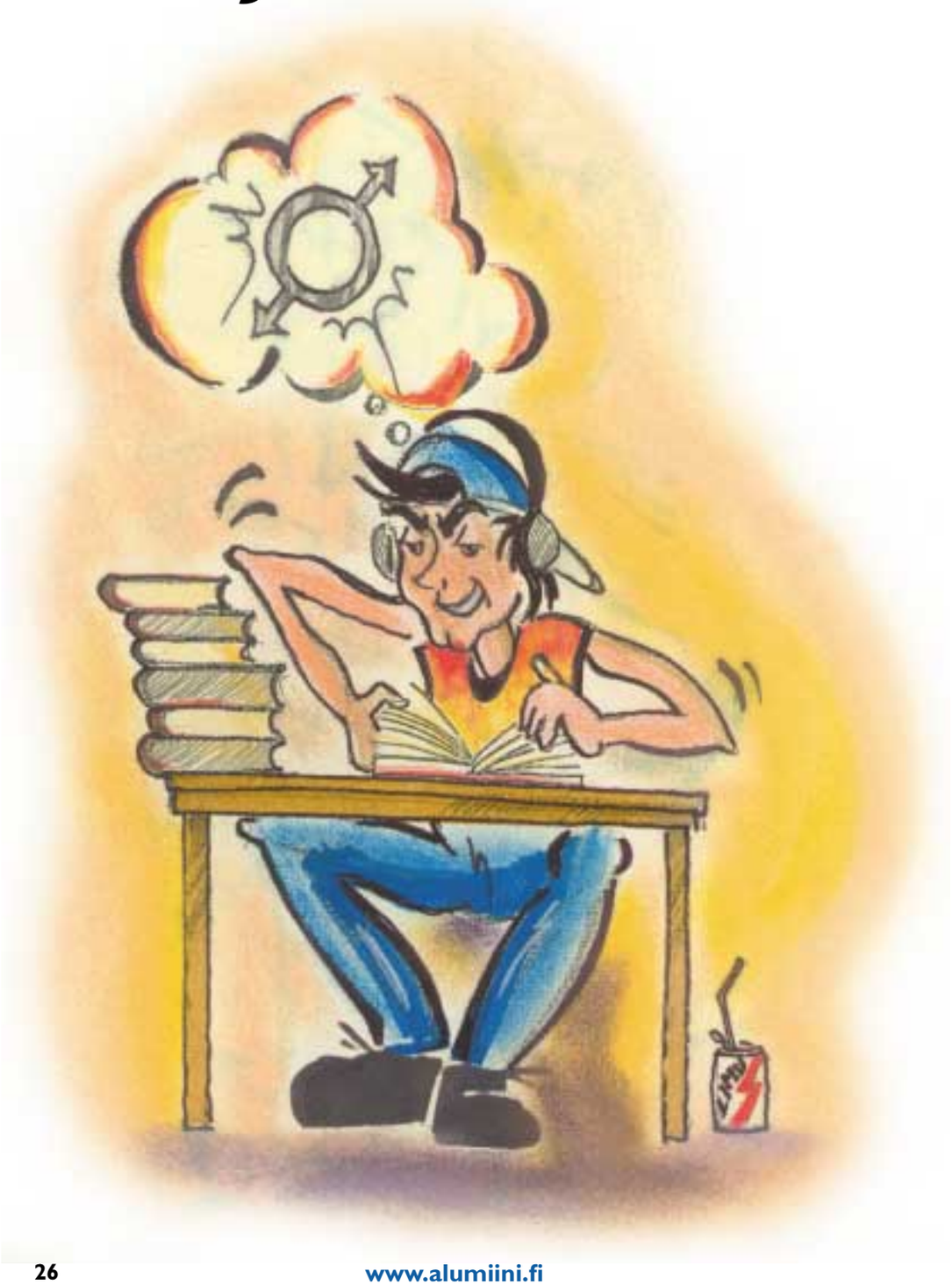
Kun elintarvikkeet pakataan alumiiniin, ne säilyvät käyttökelpoisina ja terveellisinä pitempään. Vitamiinit säilyvät eivätkä mikrobit pilaa syömisiä tai juomisia ennen aikojaan, ja kahvikin säilyttää arominsa.

Ja kun alumiini johtaa mainiosti lämpöä, lämpiävät valmisruoat – ja jäähtyvätkin – kiireisille nopeasti ja tehokkaasti.

Kevyet ja pieneen tilaan menevät pakkaukset, kuten tölkit, lisäävät kuljetuksissa hyötykuormaa, mikä tietysti säästää myös energiaa.

II osa:

Alumiinifaktaa tarkempaa tietoa janoaville



Alumiinin kiertokulku

Hapen ja piin jälkeen alumiini on kolmanneksi yleisin alkuaine. Sen määrä maankuoressa on keskimäärin kahdeksan prosenttia. Alumiinia löytyy vedestä, ilmasta, kasveista ja eläimistä. Sitä on myös elintarvikkeissa.

Alumiinin kiertokulku ihmisen käytössä alkaa kaivostoiminnasta. Hyödynnettävä mineraali on bauksiitti, jossa alumiinia on 25 %. Bauksiitti rikastetaan ensin alumiinioksidiksi primaarialumiinin valmistusta varten. Kiertokulku jatkuu jatkojalostuksen, levyjen, nauhojen, profiilien, folioiden ja valukappaleiden kautta alumiinia sisältävien tuotteiden valmistukseen.

Tärkein vaihe elinkaaressa on alumiinin pitkäaikainen käyttö, jolloin sen kaikki hyvät ominaisuudet pääsevät oikeuksiinsa niin taloudellisessa kuin ympäristöllisessäkin mielessä. Tuotteiden tultua vihdoin elinkaarensa päähän ne päätyvät lopulta alumiinin kierrätykseen "sekundaarialumiinikaivokseksi" ja sieltä jälleen hyödynnettäviksi uusissa tuotteissa.

Alumiinin kiertokulku on käytännössä loputon. Alumiinin uusiokäytössä energiantarve on pieni, ja useinkin sulatettuna sen ratkaisevat ominaisuudet ja määrä säilyvät lähes samoina.

Bauksiittiresurssit

Maapallolla tunnetut bauksiittiresurssit miljardeina tonneina:

Jamaika 11,3	Espanja 2,8	Guinea 17,1	Kiina 3,0	IVY 4,8
Guayana 2,2	Unkari 1,4	Sierra Leone 1,3	Indonesia 0,7	
Surinam 3,1	Balkanin alue 5,3	Ghana 0,3	Malesia 0,3	Australia 10,1
Brasilia 10,2	Turkki 0,5			

Kaivostoiminta

Maapallon bauksiittivarannot ovat jakautuneet leveälle vyöhykkeelle päiväntasaajan molemmin puolin. Bauksiittia syntyy rapautumisen kautta 50 kertaa enemmän kuin sitä louhitaan.

Maailmassa bauksiittia kaivetaan maankuoresta vuosittain yli 120 miljoonaa tonnia, josta määrästä kymmenen prosenttia tuotetaan sademetsävyöhykkeellä noin 2 km^2:n kokoisella alueella. Maapallon koko sademetsäalueen pinta-ala on 14 miljoonaa km^2.

Bauksiittia louhitaan avolouhoksista. Ennen kaivostoimintaa alueelta joudutaan yleensä poistamaan alkuperäinen kasvillisuus. Koska alumiini erotetaan pintamaasta jo louhoksella tai sen välittömässä läheisyydessä, muu maa-aines jää paikalleen. Valtaosa käytetyistä louhosalueista maisemoidaan alkuperäiseen tilaan. Kasvillisuus ja eläimistö palautuvat entiselleen niin hyvin, että aluetta voidaan hyödyntää kaupallisena metsäalueena, maanviljelyksessä tai virkistyskäytössä.

Bauksiitin rikastaminen alumiinioksidiksi

Vuosittain bauksiitista tuotetaan alumiinioksidia noin 50 miljoonaa tonnia. Oksidi rikastetaan jauhetusta bauksiitista liuottamalla lipeään. Liuoksesta suodatetaan pois kiinteät, liukenemattomat ainesosat, jonka jälkeen puhdas alumiinioksidi kiteytetään ja kuivataan.

Rikastusjäte,
energiatuotanto ja sen päästöt

Kahden alumiinioksiditonnin tuottamiseen vaaditaan 4–5 tonnia bauksiittia. Rikastuksessa hyödyntämättä jäävästä maa-aineksesta poistetaan käytettävät kemikaalit takaisin prosessin kemikaalikiertoon. Jäljelle jäävä maa-aines sijoitetaan paikalleen louhosalueelle, minkä jälkeen alue saatetaan maisemallisesti entiselleen.

Alumiinioksidin valmistuksessa tarvittavan energiantuotannon rikkidioksidi- ja hiilidioksidipäästöt vähenevät koko ajan, kun toiminnan energiatehokkuus paranee ja tuotannossa siirrytään vähempirikkisiin polttoöljyihin tai rikittömään maakaasuun.

Joskus energiaa voidaan hyödyntää myös lähteistä, joilla ei ole muuta käyttökohdetta, esimerkiksi öljynjalostamon palavien kaasujen tuhoamissoihduista.

Primaarialumiinin valmistus

Maailman primaarialumiinin tuotanto on noin 22 miljoonaa tonnia vuodessa. Primaarialumiinia valmistetaan sähkön avulla grafiitilla vuoratussa upokkaassa, jossa alumiinioksidi liuotetaan kuumaan mineraalikylpyyn.

Sähkövirta hajottaa alumiinioksidin metalliseksi alumiiniksi ja hapeksi. Tähän tarvittavasta sähköstä tuotetaan Euroopassa yli 50 % vesivoimalla. Metallinen alumiini valetaan harkoiksi sekä valssaus- ja pursotusaihioiksi.

Suomessa primaarialumiinia ei valmisteta. Sitä tuodaan maahamme noin 35 000 tonnia vuodessa.

Tuotannon ympäristövaikutukset
ja energiatalous

Primaarialumiinin valmistuksen päästöt ilmaan ja veteen aiheutuvat elektrolyysin tarvitseman energian tuotannosta sekä itse tuotantoprosessista. Tuotantoprosessin päästöistä merkittävimmät ovat elektrodimateriaalin hiilestä muodostuvat hiilidioksidi ja hiilimonoksidi sekä kryoliittikylvystä vapautuva fluoridi.

Primaarialumiinin tuotannon aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat alle kaksi prosenttia autoliikenteen aiheuttamista päästöistä. Tuotantoprosessin päästöjä on viime vuosikymmenen aikana vähennetty kymmenesosa entisestä.

Primaarialumiinin valmistukseen bauksiitista lähtien kuljetukset mukaan lukien tarvitaan noin 45 kWh/kg alumiinia. Primaarituotannon energiankulutus on 1950-luvulta lähtien pienentynyt yli 30 %. On myös arvioitu, että seuraavan vuosikymmenen aikana kulutusta voidaan edelleen vähentää kymmenen prosenttia.

Puolivalmisteiden valmistus

Alumiinisia puolivalmisteita valmistetaan mm. valssaamalla, vetämällä, pursottamalla sekä valamalla.

Valssauksessa aine muovautuu kahden pyörivän työvalssin välissä halutun paksuiseksi levyksi tai nauhaksi kuuma- ja kylmävalssauksena. Vetämällä valmistetaan erilaisia lanka- ja putkituotteita.

Pursotuksessa metalli painetaan lämmitettynä työkalun muotoillun reiän läpi. Lopputuotteen poikkipinnan profiili voidaan tällä tavalla muotoilla vapaasti käyttötarkoituksen mukaan.

Valamalla valmistetaan komponentteja mm. ajoneuvo-, laite- ja koneenrakennus- sekä sähkö- ja elektroniikkateollisuudelle. Valuja jatkojalostetaan usein koneistus-, osakokoonpano- ja pintakäsittelyvaiheessa. Valuseokset ovat suurimmalta osaltaan uusio-alumiinia.

Valmistuksen ympäristövaikutukset

Alumiinisten puolivalmisteiden tuotannossa käytetty energian määrä on pieni alhaisten muokkaus- ja lämpökäsittelylämpötilojen takia. Levyn tai profiilin valmistus aihiosta vaatii energiaa noin 3 kWh/kg alumiinia.

Alumiinipitoiset materiaalit hyödynnetään tuotannossa aina uudelleen. Valssauksessa ja profiilinvalmistuksessa syntyvä prosessiromu kiertää takaisin sulatukseen usein jopa samassa laitoksessa.

Sekundaarialumiiniteollisuudessa käytetään raaka-aineina mm.

- *romuttuneet ja käytöstä poistetut kuluttajatuotteet, esim. autot ja kodinkoneet*
- *komponentteja valmistavan teollisuuden leikkaus-, sorvaus- ja porausjäännökset*
- *kuluttajatuotteiden valmistuksen jätteet sekä profiilien ja levyjen leikkausjäännökset*
- *yhdyskuntien ja teollisuuden käytöstä poistetut rakenteet ja materiaalit, liikennemerkit ym. kyltit, kaapelikourut ja työskentelytasot*
- *primaari- ja valimoteollisuuden alumiinikuonat*

Alumiinin pintakäsittely

Alumiinia voidaan pinnoittaa kaikilla yleisimmillä pinnoitusmenetelmillä. Alumiini ei vaadi korroosiosuojausta, joten pintakäsittely tehdään tarvittaessa ulkonäön vuoksi. Toisaalta joissain tapauksissa, kuten merivedessä käytettynä, on perusteltua varautua alumiinin galvaaniseen korroosioon, etenkin jos lähistöllä on jalompia metalleja muodostamassa sähköparia.

Paras pintakäsittelymenetelmä teknisesti ja uusiokäytön kannalta on anodisointi. Sillä parannetaan alumiinin luonnollista syöpymiskestävyyttä eli alumiinin pinnalle muodostetaan paksumpi oksidikerros sähkökemiallisella menetelmällä. Samalla pinta saadaan halutun väriseksi.

Elintarvikepakkauksiin käytettävä alumiini lakataan lähinnä esteettisten syiden vuoksi. Maalaamalla tuotteisiin saadaan enemmän värivaihtoehtoja.

Ympäristövaikutukset

Anodisointi vaatii energiaa alumiinikiloa kohden noin 3 kWh. Alumiinia pintakäsittelevät laitokset ovat kemikaalien ja veden osalta siirtyneet suljetun kierron periaatteeseen tuotantokustannusten ja ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

Alumiinin kierrättämistä ja hyötykäyttöä

Alumiini on aineena täysin kierrätettävää ja laadun kärsimättä aina uudelleen hyödynnettävissä tuotteiden valmistuksessa. Kertakäyttöpakkausten alumiini voi seuraavaksi päätyä kestokulutustuotteeseen, vaikkapa auton moottoriin.

Valmistusprosessien alumiinijätteet, kuten työstö- ja valujäännökset, voidaan hyödyntää monessa tapauksessa prosessin sisäisenä kiertomateriaalina. Alumiinipitoinen jäte rikastetaan ja jalostetaan edelleen uusien tuotteiden raaka-aineeksi.

Kierrätettäessä alumiini ei menetä ominaisuuksiaan. Kehittyneiden kierrätysjärjestelmien avulla saadaan romusta aikaan taas sama tuote. Alumiinin sulatukseen tarvitaan vain viisi prosenttia energiasta, joka vaaditaan vastaavan alumiinimäärän valmistamiseen bauksiitista eli noin 2 kWh/kg alumiinia.

Käytöstä poistetut alumiinia sisältävät tuotteet muodostavat tavallaan alumiinin sekundaarikaivoksen, joka on edullisesti ja tehokkaasti jatkuvasti hyödynnettävissä. Alumiinin hävikki sulatettaessa on ainoastaan 3 %, joten alumiini kerran bauksiitista erotettuna jää ikuiseen hyötykiertoon, energiapankiksi tuleville käyttäjäsukupolville. Näin ajan myötä muodostuva energiapankki vähentää primaarialumiinin valmistustarvetta.

Alumiinia suomalaisen teollisuuden käytössä

Suomen alumiinin vientitase on positiivinen. Meiltä menee vientiin pääasiassa kevyitä alumiinituotteita, joiden jalostusaste on erittäin korkea ja rahallinen arvo huomattavasti suurempi kuin meille tuotavan alumiiniraaka-aineen arvo.

Alumiinin tärkeimmät käyttöalueet Suomessa ovat rakennus-, ajoneuvo- ja muu kuljetusvälineteollisuus sekä koneenrakennus-, pakkaus- ja sähkö- ja elektroniikkateollisuus. Alumiinin monipuolinen hyödyntäminen perustuu metallin keveyteen, lujuuteen, helppoon muokattavuuteen sekä ympäristöominaisuuksiin.

Kun tuotteissa käytetään kevyttä alumiinia, säästetään energiakustannuksissa, vähennetään ympäristökuormitusta sekä kasvihuoneilmiötä aiheuttavia päästöjä. Kevyemmät autot kuluttavat vähemmän polttoainetta ja kuljettavat suurempia hyötykuormia.

Kestävästä alumiinista rakennetaan pitkäikäisiä tuotteita, joiden huoltaminen on yksikertaista ja helppoa. Alumiinin korroosionkestosta erinomainen todiste on San Gioacchinon kirkko Roomassa. Sen katto on edelleen yli sata vuotiaanakin hyvässä kunnossa ankarista kaupunkiolosuhteista huolimatta.

Alumiinin ehdoton tiiviys ja keveys tekevät siitä erinomaisen pakkausraaka-aineen. Tiiviyden ansiosta elintarvikkeet eivät pilaannu, ja kevyiden pakkausten kuljetuskustannukset ovat pienet. Tarvittaessa alumiinituotteet jäähtyvät ja lämpiävät tehokkaasti, mikä säästää energiaa.

Lisäksi alumiini on kierrätettävissä ja käytettävissä uudelleen samaan tarkoitukseen, jolloin luonnon raaka-ainevarojen kulutus on vähäisempää.

Maailman kierrätetyin pakkaus on alumiinitölkki.

Rakennusteollisuus

Lujuus-painosuhde

Erinomainen lujuus-painosuhde on alumiinin suurimpia etuja rakennusteollisuudessa, etenkin julkisivukäytössä. Hyvän muokattavuuden ansiosta voidaan tehdä poikkileikkaukseltaan monimutkaisia ikkunapuitteita ja julkisivujärjestelmiä, jotka säästävät työstö- ja kokoonpanokustannuksia ja jotka eivät elä kosteuden vaikutuksesta.

Materiaalin jäykkyys pitää alumiiniset tukirakenteet vakaina mutta keveinä, mikä on erityisen tärkeää korkeiden rakennusten julkisivuissa, seinäelementeissä ja ulkoseinärakenteissa. Kuormituksen vaihteluille alttiissa rakenteissa on lujuuden ohella huomioitava myös alumiinin väsymiskestävyys.

Kun rakennuksissa käytetään kevyttä alumiinia, kevenevät niiden perustukset ja tukirakenteetkin. Myös rakennustarvikkeiden kuljetuskustannukset vähenevät ja tarvikkeiden käsittely työmaalla helpottuu.

Turvallisuus

Alumiinimetalli ei pala. Se luetaan paloturvallisuussäännöksissä ei-palaviin rakennusmateriaaleihin. Alumiiniseokset sulavat noin 650 °C:n lämpötilassa. Tätä ominaisuutta hyödynnetään palotilanteessa.

Ohuista alumiinilevyistä tai -nauhoista voidaan paloturvallisuussyistä tarkoituksellisesti valmistaa rakennuksiin "sulakkeita" eli seiniä tai välikattoja, jotka tulipalon sattuessa sulavat. Siten palon muodostama lämpökuorma ja savu pääsevät pois suljetusta tilasta, mikä helpottaa niin palon sammumista kuin sammuttamistakin.

Sulaessaan alumiini ei vapauta ihmisille vaarallisia palamiskaasuja. Rakennuksen kantavat rakenteetkin säilyvät todennäköisesti paremmin ehjinä, joten korjauskustannukset ovat alhaisemmat.

Alumiinista tehdään kuitenkin myös tuotteita, joilta vaaditaan erityistä turvallisuutta: palo-ovia, murronestorakenteita sekä räjähdyksen tai luodinkestäviä ikkunarakenteita.

Suunnittelijan vapaus

Helpon muokattavuutensa ansiosta alumiinia käytetään rakenteellisesti vaikeissa sovellutuksissa. Siitä on valmistettavissa lähes rajattomasti onttoja tai avonaisia profiilimuotoja, joiden työstäminen ja liittäminen myös muihin materiaaleihin on helppoa.

Alumiinilevyä valmistetaan määrämittaan leikattuina arkkeina, joista tehdään rakennuksien julkisivujen kasetteja, verhouslevyjä, sisä- ja ulkoverhoiluja. Alumiinia voi helposti leikata, porata, taivuttaa ja hitsata vaikkapa työmaalla.

Alumiini materiaalina antaa mahdollisuuden useisiin pintaratkaisuihin. Paras pintakäsittelymenetelmä on anodisointi, jossa kasvatetaan ainoastaan alumiinin luonnollisen oksidikerroksen paksuutta, mikä ei vaikeuta tuotteen uusiokäyttöä. Anodisoitu pinta kestää hyvin mekaanista kulutusta. Pintoja voidaan anodisoida myös eri värisiksi. Alumiinin anodisoinnissa käytettävät metalliin perustuvat värit ovat säänkestäviä, ja orgaaniset värit on tarkoitettu sisäkäyttöön.

Jauhemaalaus on ympäristöystävällinen alumiinin pinnoitustapa: liuottimia ei tarvita ja ylijäävä jauhe kiertää takaisin uudelleenkäyttöön. Jauhemaalauksella saadaan monenvärisiä pintoja ja taivutuksen kestävä kerros.

Kestävyys

Alumiinista valmistettujen rakenteiden pitkäikäisyys johtuu siitä, ettei alumiini syövy, ime itseensä vettä eikä katkeile tai halkeile lämpötilanvaihteluissa. Se sietää myös auringonvalon ultraviolettisäteilyä ja happamien yhdisteiden, esimerkiksi ilmansaasteiden, vaikutusta. Luonnonolosuhteissa alumiinia suojaa sen tiivis oksidikerros. Mikäli suojakerros rikkoutuu tai naarmuuntuu, se uusiutuu välittömästi itsestään.

Kosteassa ympäristössä alumiinia ei kuitenkaan pidä suojaamattomana yhdistää jalompaan metalliin, kuten kupariin tai messinkiin, koska silloin voi syntyä galvaanista korroosiota. Ruostumattomasta teräksestä tehdyt ruuvit soveltuvat useimmiten hyvin alumiinin kanssa yhteen.

Alumiinisovellukset eivät tarvitse muuta huoltoa kuin puhdistamista. Syöpymättömyyden johdosta alumiinipinnan kunnossapito on yksinkertaista. Alumiinisten rakenteiden keveyden ansiosta tukirakenteetkin voivat olla kevyemmät.

Edellä mainituista syistä alumiinia käytetään katto- ja ulkoseinäratkaisuissa, joilta vaaditaan yli 50 vuoden kestoikää. Aikanaan rakennusta mahdollisesti purettaessa talteen otetusta alumiista ja käytöstä poistetuista alumiinituotteista voidaan tehdä edelleen uusia rakennusalan tuotteita.

Ympäristöominaisuudet

Rakennusteollisuudessa alumiinin käyttöä ympäristösyistä puoltavat materiaalin keveys, energiaa säästävät ominaisuudet, kierrätettävyys sekä alumiinista valmistettujen rakenteiden pitkäikäisyys ja vähäinen huollon tarve.

Kuljetusalan koneet ja laitteet

Suunnittelijan vapaus

Alumiinista valetaan erilaisia moottoreiden sekä vaihteistojen osia ja komponentteja. Alumiinilevyillä kevennetään laivojen rungot, kontit ja säiliöt. Alumiinilevyistä rakennetaan myös lentokoneet liimaamalla ja niittaamalla. Nesteytettyjen kaasujen kuljetukseen tarkoitetuissa laivoissa käytetään hyödyksi alumiinin keveyttä ja erinomaista kylmänkestoa.

Alumiinin helppo muokattavuus mahdollistaa kevyiden mutta jäykkien rakenteiden valmistuksen pursotustekniikalla. Näin liitosten ja hitsien määrä vähenee, työstö- ja kokoonpanokustannukset pienenevät ja energiaa säästyy. Kaiken kaikkiaan alumiinin vaivaton työstettävyys ja hitsattavuus alentavat huomattavasti tuotteiden valmistuskustannuksia.

Alumiinin vaikutus rakenteiden turvallisuuteen

Autojen, laivojen, lentokoneiden, junien ym. kuljetuskaluston turvallisuus paranee, kun niiden rakenteissa käytetään alumiinia. Turvallisuuden lisääntyminen perustuu seuraaviin seikkoihin:

- *Rakenteista saadaan keveitä ja lujia*

Autojen ja junien keveneminen vaikuttaa niiden kiihtyvyyteen ja hidastuvuuteen eli jarrutusmatkan vähenemiseen. Nämä ominaisuudet ovat merkittäviä turvallisuuden kannalta. Alumiinista on myös muokattavissa erityisrakenteita, joissa yhdistetään rakenteen jäykkyys ja kyky sitoa törmäysenergiaa.

- *Paloturvallisuus kasvaa*

Metallina alumiini ei pala, vaan se sulaa noin 650 °C:n lämpötilassa. Ominaisuuden merkitys on suuri onnettomuustilanteissa.

- *Kylmänkestävyys paranee*

Alumiini kestää hyvin alhaisia lämpötiloja. Kylmänkestävyys on yksi perusedellytys mm. lentokoneissa sekä nesteytettyjen kaasujen kuljetussäiliöissä.

- *Syöpymiskestävyys paranee*

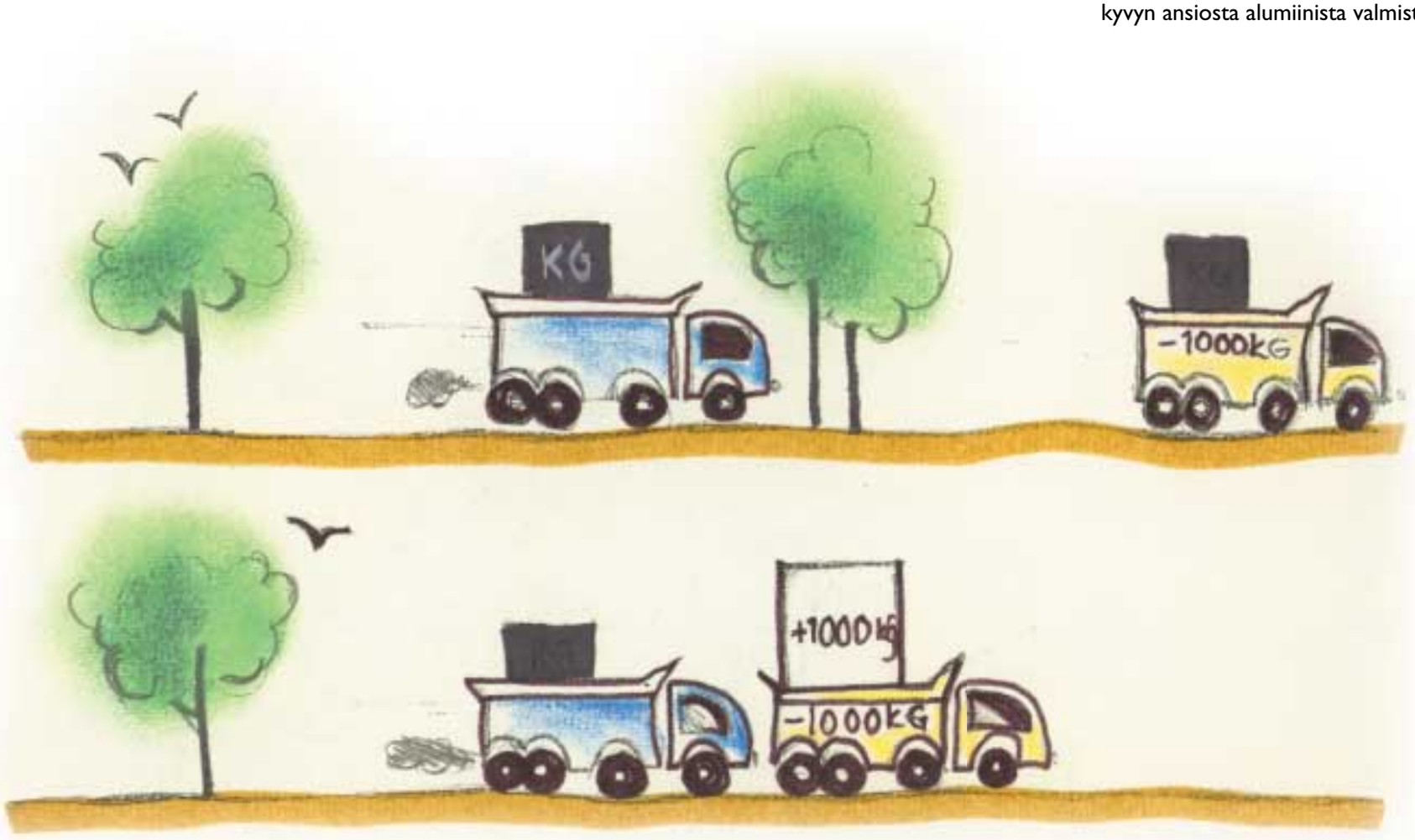
Alumiini sietää hyvin niin suolapitoista merivettä kuin hapanta kaupunki-ilmastoakin ja maantiesuolaa.

Etuja hyvästä lujuus-painosuhteesta

Laivan- ja veneenrakennuksessa hyvää lujuus-painosuhdetta hyödynnetään täysalumiinirakenteissa. Siten päästään mm. alhaisempaan kokonaispainoon ja voidaan pienentää aluksen syväystä. Näin myös veden vastus ajettaessa pienenee, jolloin moottoritehoa tarvitaan vähemmän ja polttoainetta säästyy.

Suomen matalilla ja karikkoisilla vesialueilla alusten syväyksillä on suuri merkitys. Niinpä alumiinirakenteiden edut on huomioitu tarkkaan esimerkiksi matkustajakatamariinialuksissa, puolustuvoimien ohjusveneissä sekä öljyntorjunta-, palo- ja pelastusveneissä.

Suurissa laivarakenteissa ylimmät kerrokset ja savupiippu tehdään usein alumiinista, sillä laivan ylärakenteiden keveys siirtää painopistettä alaspäin, jolloin laivan vakavuus lisääntyy.



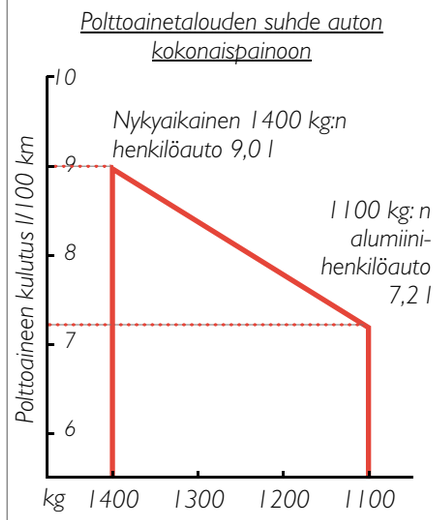
Alumiinin käytön ympäristönäkökohdat

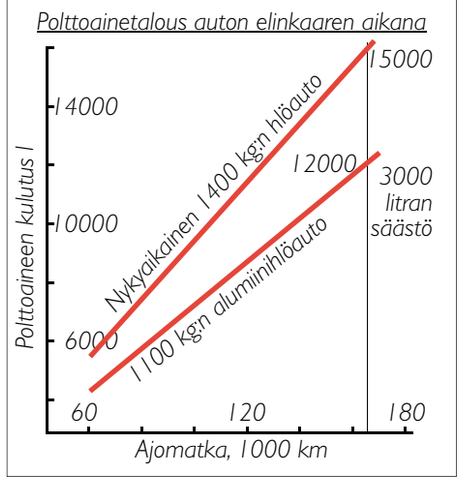
Kun ajoneuvon paino putoaa, polttoaineen kulutus pienenee ja energiatehokkuus kasvaa. Tämän ansiosta pakokaasupäästöt vähenevät ja ympäristökuormitus pienenee.

Jos auton paino vähenee 100 kg, polttoaineen kulutus pienenee arviolta 0,6 l/100 km. Jos siis autolla ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa, polttoainetta säästyy 90 litraa. Kevyemmillä kuljetusvälineillä voidaan kuljettaa suurempia määriä hyötykuormaa siten, että kokonaispaino pysyy muuttumattomana.

Hyvän ympäristöolosuhteiden kestokyvyn ansiosta alumiinista valmistetut kuljetusvälineet ja -laitteet kestävät pitkään ja vaativat vähemmän huoltoa. Ne eivät myöskään tarvitse erillistä korroosionsuojausta. Teollisuus voi hyödyntää ajoneuvojen sisältämän alumiinin tuotannossaan yhä uudelleen. Kun käytetään autoissa ym. kuljetusvälineissä alumiinia, ei luonnonvaroja tuhlata vaan ne tulevat tehokkaammin hyödynnetyiksi.

Polttoaineen säästö keventämällä autojen rakenteita alumiinia käyttäen





Pakkausteollisuus

Alumiinipakkauksia käytetään elintarvikkeiden, helposti vahingoittuvien laitteiden sekä terveydenhoitoon liittyvien välineiden ja lääkkeiden varastointiin ja kuljetukseen, koska alumiiniset pakkaukset ovat hygieenisiä, ilmatiiviitä ja myrkyttömiä.

Alumiinia sisältävät pakkaukset kasvattavat suosiotaan koko ajan, sillä ne ovat keveitä ja erittäin kierrätyskelpoisia.

Suunnittelijan vapaus

Koska alumiinia on helppo muokata, siitä voi valmistaa erilaisia pakkauksia. Yhdistämällä alumiiniin muita materiaaleja saadaan aikaan eri tuotteille tarkoituksenmukaisimmat pakkaukset, jotka vievät mahdollisimman vähän tilaa.

Yhdistelmistä tunnetuimpia lienevät nestepakkauskartongit, aerosolipullot ja tölkit sekä lääkkeiden läpipainopakkaukset. Esimerkiksi mehutetroissa on yhdistetty kartonki, alumiinifolio (paksuus 0,006 mm ja paino 1,5 g/pakkaus) ja muovikalvo.

Alumiinipakkauksen merkitys hyötykuormaan tulee hyvin esille esimerkistä: 1000 kg:ssa lasipulloihin pakattua virvoitusjuomaa, on pakkauksen osuus 250 kg, alumiinitölkkeihin pakattuna pakkauksen osuus kuormasta on vain 32 kg.

Eristävä+tiivis+läpäisemätön = hygieeninen ja myrkytön

Alumiini ei läpäise hajuja, makuja, ilmaa, vesihöyryä, öljyjä, rasvoja, mikroorganismeja, valoa eikä UV-säteilyä. Se on myrkytöntä, eikä se anna makua.

Helposti pilalle menevien tuotteiden pakkaamisessa alumiini on hyvä materiaali. Herkästi pilaantuvia elintarvikkeita, kuten mehua, maitojauhetta ja äidinmaidonvastiketta, voidaan steriloituna ja alumiiniin pakattuna varastoida huoneenlämmössä turvallisesti pitkiäkin aikoja.

Alumiinia käytetään pakkausmateriaalina myös sairaanhoitoon liittyvissä tuotteissa, kuten leikkausvälineissä, neuloissa ja lääkkeiden läpipainopakkauksissa, joissa bakteerien pääsy tuotteeseen estetään ehdottoman tiiviin alumiinikerroksen avulla.

Pakkausmateriaalit koostuvat usein erilaisten materiaalien yhdistelmistä:

• *kartonki + alumiini*	*nestepakkaukset*
• *muovi + alumiini*	*leviterasiat kahvipakkaukset*
• *kartonki + alumiini + muovi*	*mehukartongit*

Ympäristöominaisuudet

Alumiinisten pakkausten läpäisemättömyys takaa pakattujen tuotteiden säilyvyyden. Elintarvikkeita voidaan kuljettaa ja säilyttää turvallisesti pitkiä aikoja ilman, että ne pilaantuvat tai muutoin tuhoutuvat.

Oikealla pakkauksella voidaan olennaisesti pienentää elintarvikkeiden kuljetuksen ja varastoinnin aikaista hävikkiä. Kansainvälisen terveysjärjestön (WHO) mukaan kehitysmaissa jopa 30 % elintarvikkeista pilaantuu ennen kuin ne saavuttavat tarvitsijansa.

Alumiinipakkausten keveyden ja pienen koon ansiosta tuotteita voidaan lastata kuormaan enemmän kuin aikaisemmin.

Kerätyt alumiiniset pakkausmateriaalit voidaan kierrättää turvallisesti ja tehokkaasti jopa samanlaisiksi uusiksi tuotteiksi.

Myös yhdistelmäpakkausten materiaalit ovat nykyään poltettavissa tai eroteltavissa toisistaan uudelleen hyötykäyttöön. Käytettyjen pakkausten huolellisella keräämisellä ja lajittelulla vähennämme samalla luonnonvarojen käyttöä.

Alumiinin käyttö pakkauksissa säästää energiaa mm. seuraavilla tavoilla:

- *Mitä paremmin elintarvikkeet säilyvät kuljetus- ja varastointivaiheessa, sitä pienempi on niiden hävikki.*
- *Koska pakkaukset kevenevät, kuormassa kulkee suurempia määriä tuotteita.*
- *Koska pakkaus voidaan muotoilla niin, että se vie mahdollisimman vähän tilaa, on kuljetuskapasiteetti tehokkaasti käytössä.*
- *Koska alumiini johtaa hyvin lämpöä, pakatut tuotteet ovat niin jäähdytettävissä kuin lämmitettävissäkin tehokkaasti ja nopeasti. Mikroaaltouunissa niitä ei alumiinipakkauksissaan kuitenkaan voi käyttää.*

Sähkötekniset laitteet

Sähköteknisissä laitteissa alumiinia käytetään sen sähkön- ja lämmönjohtokyvyn, keveyden sekä muokattavuuden vuoksi.

Alumiinia käytetään useissa kotien ja konttoreiden koneissa ja laitteissa, kuten telekommunikaatiolaitteissa, televisioissa, satelliittilautasissa, äänentoistolaitteissa sekä jäähdytyselementeissä, kytkinpaneeleissa, koteloissa ym. osissa ja komponenteissa.

Sähkönjohtavuus

Sähkönsiirtoon tarkoitetut voimakaapelit valmistetaan yhä useammin alumiinista. Kun sähkönjohtokyky ja keveys yhdistetään muokattavuuteen, saadaan aikaan erittäin kustannustehokas energiansiirtomuoto.

Lämmönjohtavuus

Alumiinin käyttösovelluksia laajentaa hyvä lämmönjohtavuus. Sitä hyödynnetään esimerkiksi jäähdytyselementeissä, lämmönvaihtimissa ja ruoanvalmistusvälineissä. Toisaalta alumiinin heijastusominaisuutta käytetään hyödyksi eristeissä ja peilipinnoissa.

Koneenrakennus

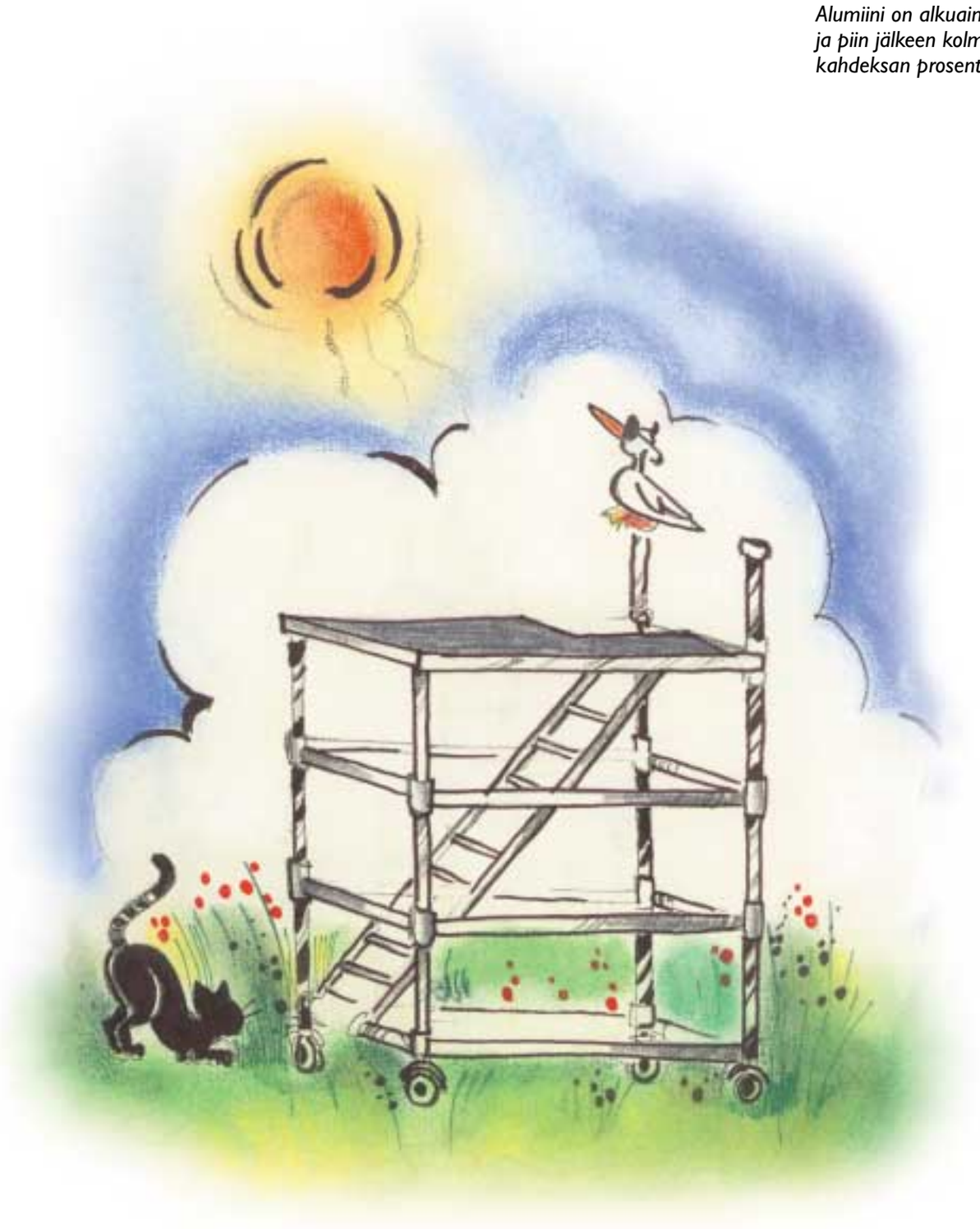
Muut metalli- ja konepajateollisuuden kohteet, joissa alumiinia käytetään, koostuvat usein monimuotoisista laitteista tai niiden osista.

Alumiinin käyttö on perusteltua sen perusominaisuuksilla: keveys + lujuus = hyvä lujuus-painosuhde, syöpymiskestävyys ja muokattavuus.
Esimerkkituotteita ja niihin liittyviä ominaisuuksia:

- *liikennemerkit ja kyltit*
  - *muokattavuus; pinnoitus*
  - *kestävyys (ilmakehän happamat yhdisteet, tiesuola)*
  - *hyvä lujuus-painosuhde*
- *retkeilyvälineet, tikapuut*
  - *hyvä lujuus-painosuhde*
- *polkupyörät, suojaputket*
  - *muokattavuus*
  - *hyvä lujuus-painosuhde*
- *virtakiskot*
  - *sähkönjohtavuus*
  - *keveys*
  - *muokattavuus*

Ympäristöominaisuudet

Tehokkaalla lämmönjohtavuudella saadaan hukkalämpö johdettua pois syntykohteesta hyödyntämällä se esimerkiksi huoneilman lämmityksessä. Heijastusominaisuudella saadaan valon tuottamisessa syntyvä lämpö hyötykäyttöön. Kun kriittiset kohteet eristetään kunnolla – esimerkiksi teollisuusputkistot – säästetään energiaa huomattavia määriä.



Alumiini ympäristössä

Alumiini on alkuaineena luonnollinen osa ympäristöä. Sitä on hapen ja piin jälkeen kolmanneksi eniten maankuoressa, keskimäärin kahdeksan prosenttia.

Alumiinia on oksidina maankuoressa kaikkialla. Tavallinen tonttimaa sisältää Suomessakin noin 7 % alumiinia. Vaikka alumiini liukenee huonosti, on sitä juomavedessä, kasveissa ja ruoassa. Luonnontilaisiin vesiin sitä on liuennut hyvin vähän, happamiin vesiin hieman enemmän. Maapallon kuumalla vyöhykkeellä kallioperän rapautuminen on nopeaa, ja siellä syntyy runsasalumiinista bauksiittia. Bauksiitin alumiinipitoisuus on keskimäärin 25 %.

Alumiinin hyödyntäminen alkaa kaivostoiminnasta, bauksiitin louhinnasta. Bauksiitti rikastetaan, ja sen matka jatkuu alumiinioksidina elektrolyyttiseen primaarialumiinin valmistukseen. Puhtaan tai seostetun alumiiniharkon tie vie jatkojalostettavaksi puolivalmisteiksi, tuotteiksi ja tuotekomponenteiksi. Nämä päätyvät aikanaan loppuunkäytettyinä kierrätysjärjestelmän läpikäytyään uusioalumiinina jälleen uusiin tuotteisiin. Alumiinin uudelleensulattaminen vaatii vain vähän energiaa, ja sen yhteydessä materiaalihäviökin on pieni eivätkä materiaalin ominaisuudet muutu.

Alumiinin kierrättämisen ja uudelleenhyödyntämisen olennainen osa on käytöstä poistettujen alumiini- ja sitä sisältävien tuotteiden keräys ja lajittelu. Lajiteltu alumiiniromu voidaan sulattaa sellaisenaan. Metallinkäsittelylaitoksessa alumiini erotetaan muista materiaaleista, sulatetaan ja toimitetaan vaikka samanlaisen esineen raaka-aineeksi, josta se oli peräisin.

Alumiiniromun kierrättäminen on edullista. Sen markkinahinta on korkea, koska alumiiniromu on täyttä raaka-ainetta ja uusiokäytön hävikki on vähäinen. Hävikki palaa luontoon alumiinioksidina, mikä on alumiinin luonnollinen koostumus maaperässä.

Alumiinin merkitys ihmisille, eläimille ja kasveille

Alumiinin saanti

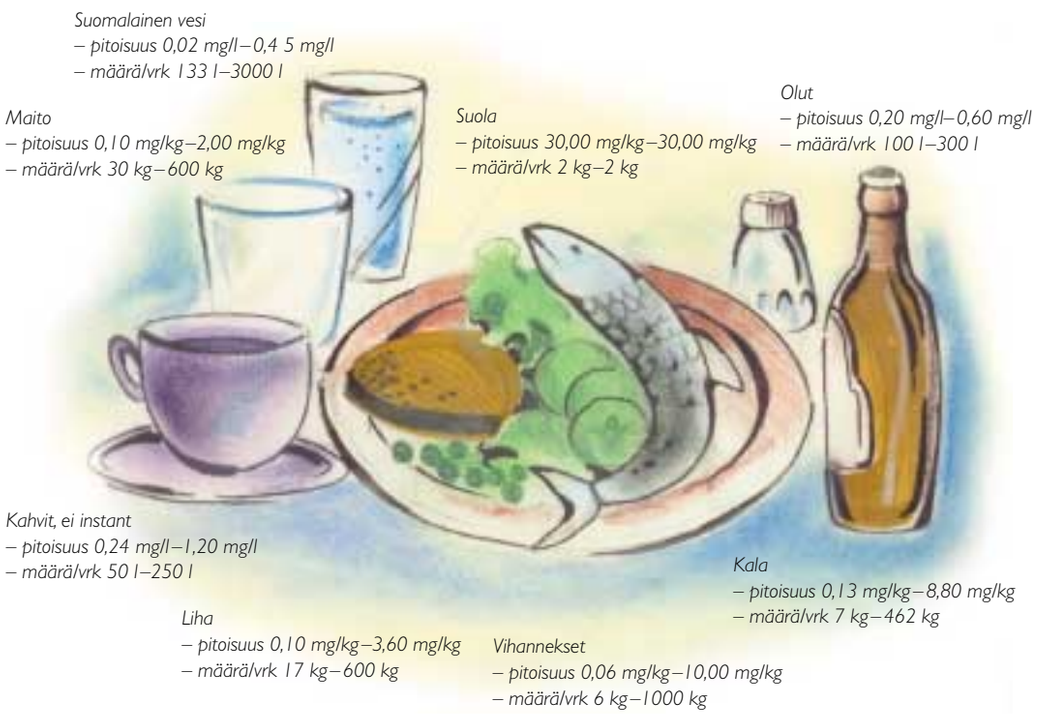
Ihmiset saavat alumiinia noin seitsemän milligrammaa päivässä pääosin elintarvikkeiden kautta. Ravinnossa on luonnostaan mm. maaperästä peräisin olevaa alumiinia.

Alumiiniyhdisteitä käytetään elintarvikkeissa lisä- ja apuaineina. Alumiinia lisätään paakkuuntumisenesto- ja emulgointiaineeksi leivinjauheeseen ja jauhoihin. Sitä käytetään emulgointiaineena myös juustonvalmistuksessa ja nostatusaineena leivonnassa.

Lääkeaineissa, kuten liikahappoisuuden ja sen oireiden hoitoon käytettävissä valmisteissa, särkylääkkeissä ja vitamiinivalmisteissa, on alumiinia useita kymmeniä milligrammoja.

Pinnoittamattomien ruoanvalmistusastioiden käyttäminen aiheuttaa happamien tai suolaisten ruokien kanssa alumiinin liukenemista elintarvikkeeseen. On kuitenkin todettu, että jos kaikki nautittava ruoka valmistettaisiin ja säilytettäisiin alumiinisissa astioissa, olisi vuorokautinen alumiinin saanti silti vain noin kymmenen prosenttia FAO:n ja WHO:n suosituksen suurimmasta sallitusta alumiinin määrästä.

Ihminen saa elintarvikkeista alumiinia noin 7 mg/vrk. FAO:n ja WHO:n suosituksen mukaan 60 mg:n rajaa vuorokaudessa ei pidä ylittää. Jotta WHO:n raja saavutettaisiin pitäisi alla mainittuja tuotteita nauttia vuorokaudessa seuraavasti (minimi – maksimi):



Alumiini ja ihminen

Alumiini ei tiettävästi ole ihmiselle välttämätön hivenaine, eikä sen välittömästä myrkyllisyydestä ole todisteita. WHO:n tutkimuksissa sen ei ole todettu aiheuttavan terveysriskiä terveelle ihmiselle.

Koska alumiinista saadaan yli 95 % ravinnon kautta, alumiinin määrä kudoksissa ja elimissä määräytyy sen mukaan, miten alumiiniyhdiste käyttäytyy ruoansulatuskanavassa. On arvioitu, että elimistöön imeytyy saadusta alumiinista noin 0,1 %. Jos alumiinia saadaan ravinnosta runsaasti, sen on todettu kertyvän luustoon. Alumiini poistuu elimistöstä pääosin virtsan mukana.

Alumiinin runsaan saannin ja Alzheimerin taudin kehittymisen välille ei ole löydetty sitovia yksiselitteisiä todisteita. Alumiinin saannilla ei ole myöskään voitu osoittaa olevan yhteyttä taudin oireiden pahenemiseen. Nykyään ollaan sitä mieltä, että tauti on geenipohjainen ja havaitut, tavallista suuremmat alumiinipitoisuudet aivorakenteissa olisivat taudin seuraus.

Alumiinia hitsattaessa on käytettävä hyvin ilmastoituja suojalaitteita, koska muuten kehon alumiinipitoisuus nousee. Pitoisuus tosin laskee entiselleen parissa päivässä. Hionnasta tai muusta vastaavasta työstä syntyvän pölyn on raportoitu aiheuttaneen keuhkosairauksia, jotka muistuttavat mekaanisesti ärsyttävien hiukkasten (kivipöly) aiheuttamia oireita. Näin ollen oireet ja muutokset eivät ole sidoksissa alumiiniin alkuaineena.

Ihminen voi saada alumiinia mm.

- *ilmasta – mm. työpaikoilla alumiinin sulattamisen, valamisen, työstämisen tai hitsaamisen yhteydessä*
- *ravinnosta – mm. ruoan valmistuksessa tai säilytyksessä astioista liukenevana alumiinina*
- *lääkkeistä – mm. dialyysinesteet, antasidit, puskuroidut lääkevalmisteet*

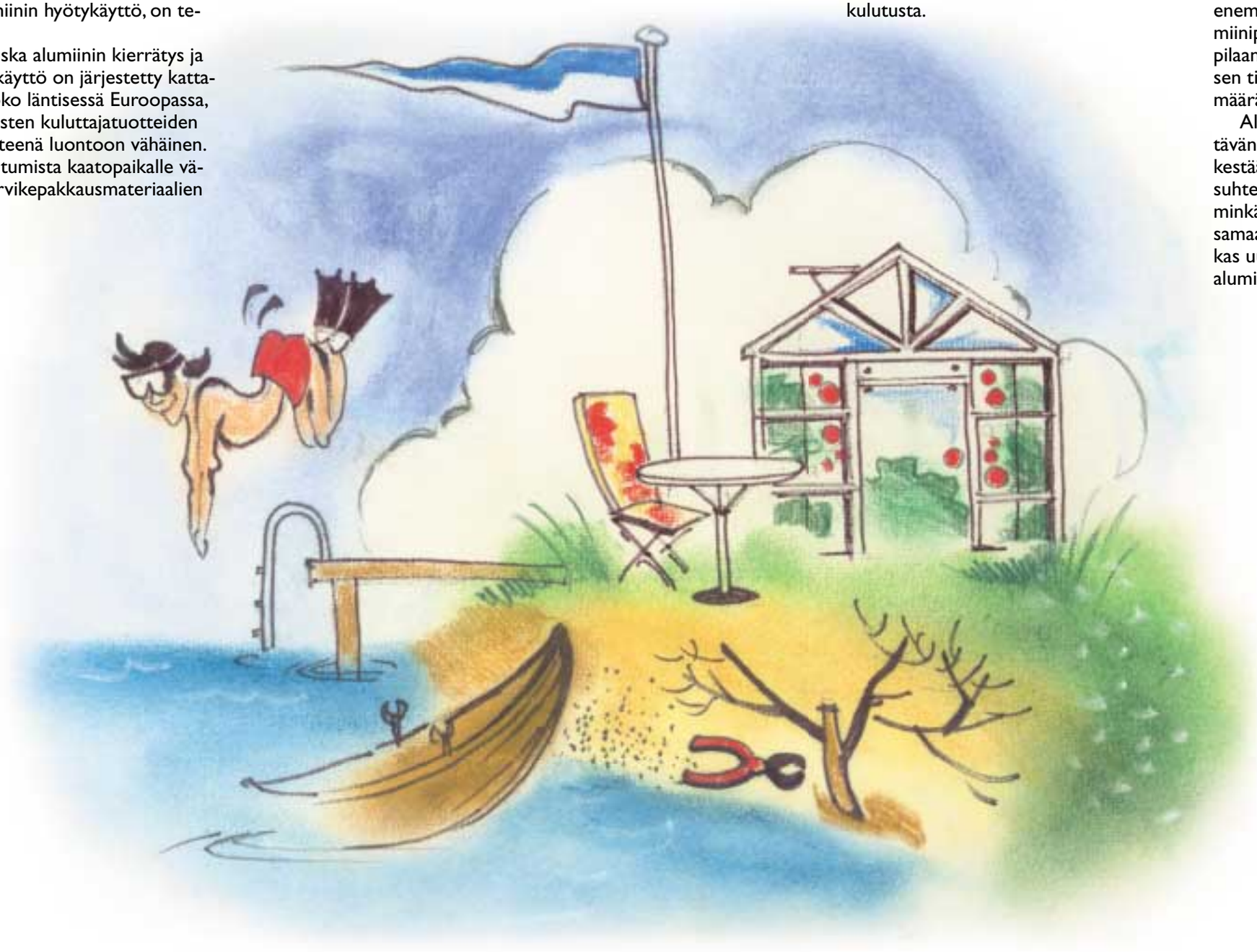
Alumiini, kasvit ja eläimet

Liuenneena alumiini on haitallista vesieliöille, erityisesti kaloille. Alumiini rikastuu useisiin veden eliöihin ja veden happamuus lisää niiden altistumista alumiinille. Ilman saastuminen happamoittaa vesistöjä, mikä kiihdyttää alumiinin liukenemista.

Alumiinimetallin käytön merkitys

Alumiinista valmistettujen tai sitä sisältävien kulutustuotteiden ei ole todettu aiheuttavan ihmisille terveydellisiä haittoja. Tuotteista ei vapaudu käytön aikana alumiinia ympäristöön, ne ovat pitkäikäisiä ja niiden käytön jälkeinen käsittely, alumiinin hyötykäyttö, on tehokasta.

Koska alumiinin kierrätys ja hyötykäyttö on järjestetty kattavasti koko läntisessä Euroopassa, on alumiinisten kuluttajatuotteiden poistuma jätteenä luontoon vähäinen. Alumiinin joutumista kaatopaikalle vähentää elintarvikepakkausmateriaalien lisääntyvä lajittelu. Se myös edistää alumiinin hyötykäyttöä. Joutuessaan luontoon metallisen alumiinin vapautuminen on erittäin hidasta.



Alumiinista valmistettujen tai sitä sisältävien tuotteiden käytöllä voidaan parantaa luonnonvarojen käytön tehokkuutta ja energiatehokkuutta. Sillä voidaan myös epäsuorasti vähentää energiankulutusta ja liikenteen polttoaineen kulutusta.

Kuljettamiseen käytettävissä laitteissa saavutetaan alumiinin keveyden ansiosta suurempia hyötykuormia siten, että kokonaispaino pysyy muuttumattomana. Alumiinin ansiosta keveämmissä pakkauksissa voidaan kuljettaa enemmän hyötykuormaa. Tiiviissä alumiinipakkauksissa elintarvikkeet eivät pilaannu. Käyttämällä alumiinia pakkauksen tiiviys saavutetaan pienellä ainemäärällä.

Alumiinisovellutukset tukevat kestävän kehityksen periaatteita. Alumiini kestää luonnostaan ympäristön olosuhteita, hapanta sadetta ja merivettä, minkä lisäksi se on aina kierrätettävissä samaankin käyttötarkoitukseen. Tehokas uusiokäyttö vähentää primaarialumiinin valmistustarvetta.

Alumiinin käyttö Euroopassa ja Suomessa

Alumiinia käytetään eri Euroopan maissa 10–40 kg henkilöä kohden vuodessa. Suomessa vastaava luku on kehittynyt vuosien 1976–2003 aikana 7,6 kg:sta 16 kg:an henkilöä kohden.

Euroopassa käytetään alumiinista lähes puolet valssattuina tuotteina, levyinä ja folioina. Pursotettujen tuotteiden ja valutuotteiden osuus on kummankin noin neljännes. Suomessa valssattujen ja pursotettujen tuotteiden osuudet ovat suurin piirtein yhtä suuret, molempien osuus on noin kolmannes. Kolmannen kolmanneksen muodostavat johtimet ja valutuotteet. Tärkeimmät käyttöalueet ovat kuljetus-, rakennus-, pakkaus- ja sähköala.

Suomessa alumiiniromua arvioidaan muodostuvan noin 24 000 tonnia vuodessa. Tästä teollisuusromun (muu kuin sisäinen kiertoromu) osuus on 15 000 tonnia. Teollisuudessa muodostuneet romut ja jätteet toimitetaan tehokkaasti kierrätykseen, sillä romunakin alumiinilla on positiivinen rahallinen arvo. Alumiinista arvioidaan palautuvan kierrätyksen kautta uudelleen käytettäväksi noin 74 %.

Alumiinin hyötykäyttömahdollisuus on yli 95 %. Yhdyskuntien investointiromu, liikennemerkit, opasteet yms. materiaalit, hyödynnetään yhtä tehokkaasti. Myös ajoneuvoromu kerätään kierrätykseen ja hyötykäyttöön 95-prosenttisesti. Elektroniikka- ja sähkötarvikeromun kierrätysasteen arvioidaan olevan noin 70 %.

Alumiinisten pakkausten hyötykäyttöä voidaan vielä parantaa, sillä toistaiseksi vain alumiinisille juomatölkeille on olemassa kattava kierrätysjärjestelmä.

Metalliromua – myös alumiinia – kierrätetään Suomessa kahdella eri tasolla. Alumiinia käyttävä teollisuus pystyy hyödyntämään omassa toiminnassaan muodostuneet sivutuotteet sisäisesti uudelleen raaka-aineenaan. Muu teollisuuden romu, kuonat, työstöjätteet ja investointien yhteydessä muodostuva romu toimitetaan uusiokäyttöön. Useimmilla paikkakunnilla metalliromu kerätään myös kuluttajilta takaisin hyötykäyttöketjuun.

Romukauppiaat lajittelevat osan romusta valmiiksi teollisuuden raaka-aineeksi. Useista eri materiaaleista koostuvat rakenteet toimitetaan teolliseen käsittelyyn, mm. autopaloittamolaitoksiin, elektroniikka- ja sähkötarvikeromua murskaaviin laitoksiin ja edelleen sekundaarialumiinitehtaisiin.

Koska alumiinista valmistettujen tai sitä sisältävien tuotteiden elinkaari hankinnasta käytöstä poistamiseen vaihtelee suuresti, on alumiiniromun ja -jätteen todellista kierrätysastetta mahdoton määrittää. Elinkaaren vaihteluesimerkkejä:

- *elintarvikepakkaukset alle vuodesta pariin vuoteen*
- *elektroniikkalaitteet, televisiot, stereot, videot ja kannettavat puhelimet 5–10 vuotta*
- *pienet kodinkoneet 4–10 vuotta*
- *autot 10–15 vuotta*
- *suuret kodinkoneet, jääkaapit, pesukoneet ja liedet 8–20 vuotta*
- *erilaiset rakenteet ja rakennukset kymmenistä vuosista yli sataan vuotta*

III osa:

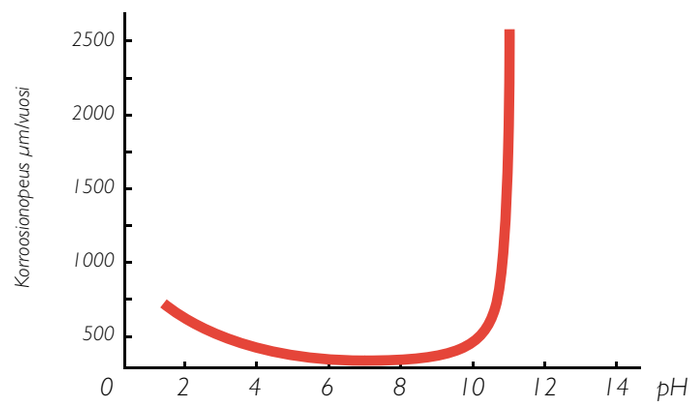
Numeroita ja taulukoita alumiinifriikeille

Alumiinin perusominaisuuksia

Keveys	Lämmönjohtavuus	Makujen läpäisemättömyys
Lujuus	Heijastavuus	Myrkyttömyys
Muokattavuus	Sähkönjohtavuus	Ei-magneettisuus
Syöpymiskestävyys	Tiiviys, eristävyys	Kipinättömyys
Kylmänkestävyys	Hajuttomuus	Kierrätyksen edullisuus

Alumiinin ominaisuustaulukko EN AW-6060					
Ominaispaino	*kg/dm³*	*2,7*	*Pituuden*		
Sulamisalue	*°C*	*585–650*	*lämpötilakerroin*	*1/°C*	*23,0x10⁻⁶*
Ominaislämpö	*J/kg°C*	*960*	*Ominaisvastus*	*Ωm*	*0,04x10⁻⁶*
Lämmönjohtavuus	*W/m°C*	*210*	*Kimmomoduuli*	*N/mm²*	*70 000*

Alumiinin korroosionkesto

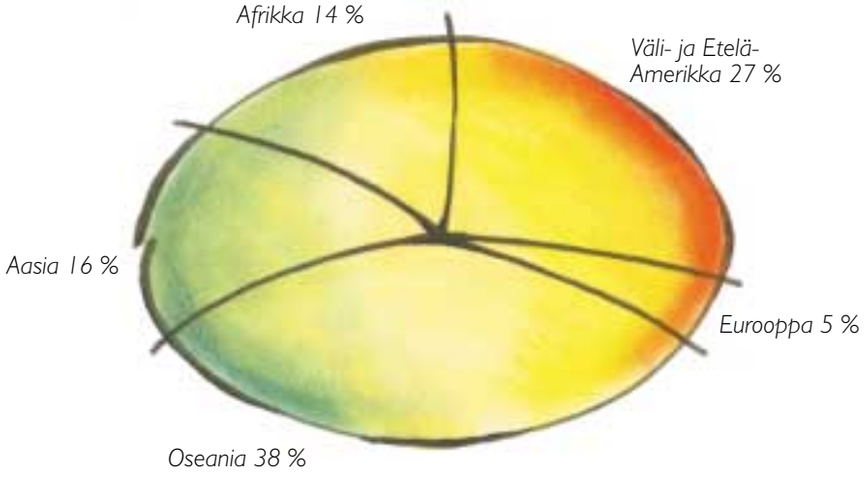


Alumiinin tuotanto

Kaivostoiminta

Maailmassa kaivetaan bauksiittia maasta noin 120 miljoonaa tonnia vuodessa.

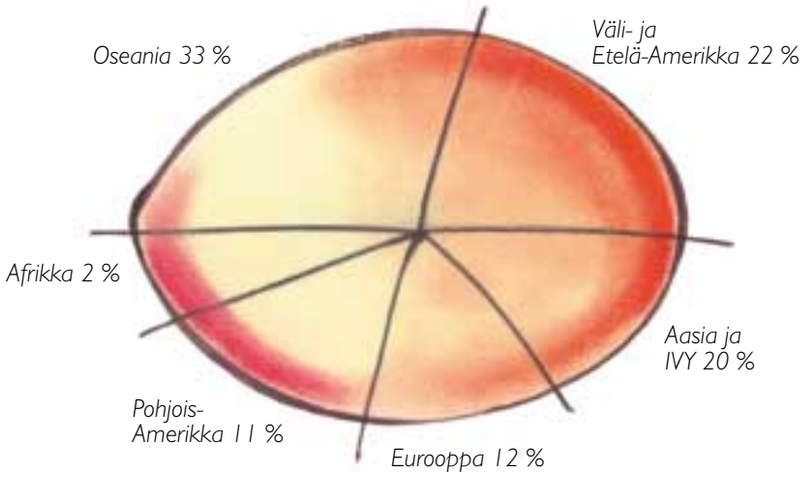
Bauksiitin tuotannon maantieteellinen jakautuminen



Bauksiitin käsittely alumiinioksidiksi

Alumiinioksidia tuotetaan noin 50 miljoonaa tonnia vuodessa.

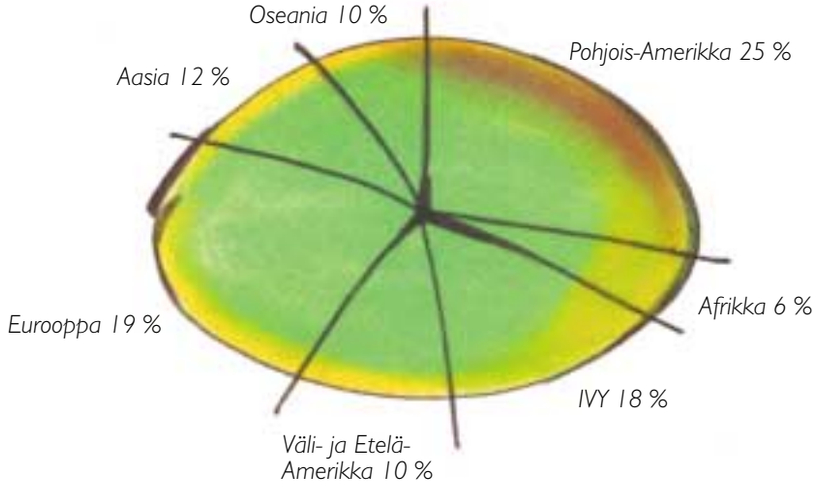
Alumiinioksidituotannon jakautuminen maailmassa



Primaarialumiinin valmistus

Primaarialumiinia tuotetaan maailmassa noin 22 miljoonaa tonnia vuodessa.

Primaarialumiinituotannon jakautuminen

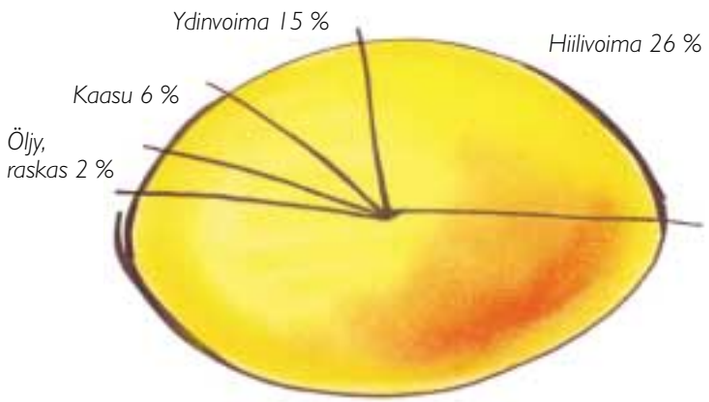


Alumiinintuotannon energiankäyttö

Primaarialumiinin tuottaminen bauksiitista

Kokonaisuudessaan yhden alumiinitonnin tuottaminen bauksiitista vaatii raaka-aineiden kuljetuksineen noin 45 MWh, josta suoran ja epäsuoran sähköenergian osuus on noin 28 MWh (62 %).

Elektrolyysissä käytetyn sähkön energialähteet Euroopassa



Bauksiitista tuotettavan primaarialumiinitonnin energiankulutus kuljetuksineen				
Sähköenergia	kg	MJ/kg	MJ	kWh
vesivoima				7 779
ydinvoima				2 506
öljy, raskas	118	41,0	4 838,0	1 344
hiilivoima	1 632	29,3	47 817,6	13 283
maakaasu	264	46,0	12 144,0	3 373
yhteensä				28 285
Lämpöenergia ja anodit	kg	MJ/kg	MJ	kWh
öljy, raskas	1 221	41,0	50 077,0	13 910
öljy, diesel	8	43,0	348,0	97
kivihiili	103	29,3	3 015,0	837
maakaasu	155	46,0	7 130,0	1 981
yhteensä				16 825

Puolivalmisteiden valmistus

Erilaisten alumiinisten puolivalmisteiden yhden tonnin valmistamiseen tarvittava energia aihiosta lähtien (sis. kiertoromun uudelleenkäyttö, kuljetukset ja lämpökäsittelyt)								
Tekniikka	Alumiinilevy valssaus		Profiili puristus		Alumiinifolio valssaus 7-12µ		valssaus 100µ	
	kg	kWh	kg	kWh	kg	kWh	kg	kWh
Sähköenergian suora kulutus		1490		1720		2190		1271
Lämpöenergian kulutus								
öljy 41 MJ/kg	23	260	97	1105	30	338	25	284
maakaasu 46 MJ/kg	107	1368	33	420	120	1536	99	1259
Kokonaiskulutus		3118		3245		4064		2814

1 kWh=3,6 MJ

Alumiinin uusiokäyttö

Alumiinisen prosessijätteen sulatukseen tai alumiinia sisältävien tuotteiden esikäsittelyyn (rikastamiseen) ja sulatukseen tarvitaan vain noin 5 % siitä energiamäärästä, joka tarvitaan alumiinin valmistamiseen bauksiitista.

Kierrätysalumiinin hyötykäytön energiankulutus yhtä tonnia kohti						
Tekniikka	Prosessijäte sulattaminen		Sekalainen romu esikäsittely		sulattaminen ja seostus	
	kg	kWh	kg	kWh	kg	kWh
Sähköenergian epäsuora ja suora kulutus		573		126		569
Lämpöenergian kulutus						
öljy 41 MJ/kg	27	313	5	52	14	160
maakaasu 46 MJ/kg	73	929	24	311	197	2519
Kokonaiskulutus		1815		489		3248

Alumiinin valmistamisen ympäristökuormitus

Alla olevissa taulukoissa on esitetty yhden alumiinitonnin elinkaarivaiheiden suhteelliset osuudet päästöistä. Elinkaari tässä tarkoittaa primaarialumiinitonnin, alumiinilevytonnin, profiili- ja foliotonnin tuottamista sekä yhden kierrätysalumiinitonnin tuottamista kuljetuksineen.

Yhden alumiinitonnin elinkaaren aikaiset päästöt ilmaan (kg/alumiinitonni)					
	Prim.alum. tuotanto bauksiitista	Alumiinilevyn valmistus	Profiilin valmistus	Folion valmistus	Romun käsittely sulatus ja seostus
Hiilidioksidi	4568	331	354	346	532
Hiilimonoksidi	60	0,06	0,04	0,05	0,09
Pöly	17	0,05	0,08	0,05	0,04
Fluoridit	1,4	0,005	0,006	0,005	0,004
PAH	0,05				
Hiilivedyt	0,6	3,5	0,07	0,07	0,09
Rikkioksidi	5,8	0,7	2,4	0,7	0,5
Typen oksidit	39	0,9	0,7	0,8	1,4

Vastaavien tuotantoyksiköiden valmistuksen yhteydessä muodostuva kokonaisjätemäärä sekä kussakin vaiheessa muodostuvat suurimmat jätefraktiot					
	Prim.alum. tuotanto bauksiitista	Alumiinilevyn valmistus	Profiilin valmistus	Folion valmistus	Romun käsittely sulatus ja seostus
Kokonaisjätteen määrä kg/alumiinitonni,	1192	9,5	7,9	9,9	222
josta					
bauksiittijätettä ja Al-oksidia	88 %				54 %
suodatinpölyä		44 %	32 %	44%	4 %
hionta- ja murskauspölyä		56 %	68 %	56 %	6 %
inerttijätettä - hiekka, kivet, kumi	9 %				1 %

Alumiini ja ihminen

Taulukon vasemmalla puolella on esitetty elintarvikkeiden alumiinin vähimmäis- ja enimmäispitoisuuksia. Oikealla puolella on esitetty kuinka monta litraa tai kiloa kyseistä elintarviketta pitäisi vuorokaudessa nauttia, jotta rajat vastaisivat analysoituja ääripitoisuuksia.

FAO:n ja WHO:n suosituksien mukaiset altistumismäärät				
	Elintarvikkeista analysoituja pitoisuuksia		Nautittavan elintarvikkeen määrä/vrk, jotta pitoisuusraja ylittyy	
	minimi	maksimi	minimi	maksimi
Suomalainen vesi	0,02 mg/l	0,45 mg/l	133 l	3000 l
Mehut	0,04 mg/l	4,10 mg/l	15 l	1500 l
Virvoitusjuomat	0,20 mg/l	2,00 mg/l	30 l	300 l
Oluet	0,20 mg/l	0,60 mg/l	100 l	300 l
Teet	0,70 mg/l	3,50 mg/l	17 l	86 l
Teepussit	0,40 mg/l	2,90 mg/l	21 l	150 l
Yrttiteet	0,14 mg/l	1,00 mg/l	60 l	429 l
Kahvit, ei instant	0,24 mg/l	1,20 mg/l	50 l	250 l
Viinit	0,40 mg/l	3,20 mg/l	19 l	150 l
Purkkikeitot	0,03 mg/kg	3,60 mg/kg	17 kg	2000 kg
Kala ja äyriäiset	0,13 mg/kg	8,80 mg/kg	7 kg	462 kg
Liha ja -valmisteet	0,10 mg/kg	3,60 mg/kg	17 kg	600 kg
Juustot	6,00 mg/kg	14,00 mg/kg	4 kg	10 kg
Maito ja -tuotteet	0,10 mg/kg	2,00 mg/kg	30 kg	600 kg
Maitojauhe	0,03 mg/kg	7,90 mg/kg	8 kg	2000 kg
Vihannekset	0,06 mg/kg	10,00 mg/kg	6 kg	1000 kg
Suola	30,00 mg/kg	30,00 mg/kg	2 kg	2 kg

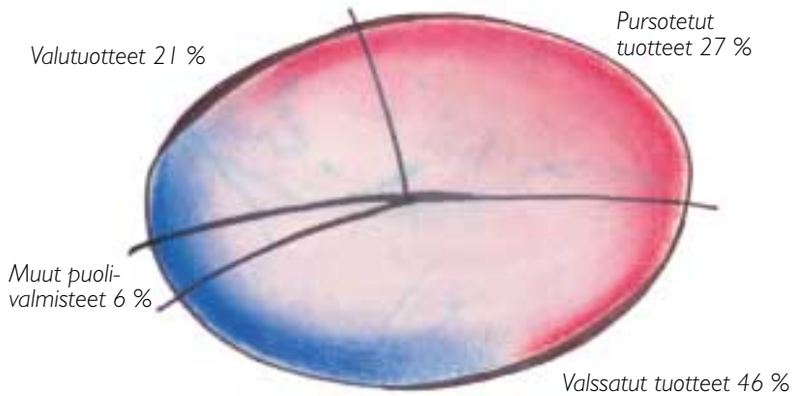
WHO:n ja FAO:n asettama saannin raja 60 kg painavalla aikuisella on 60 mg/vrk.

Alumiinin käyttö Euroopassa

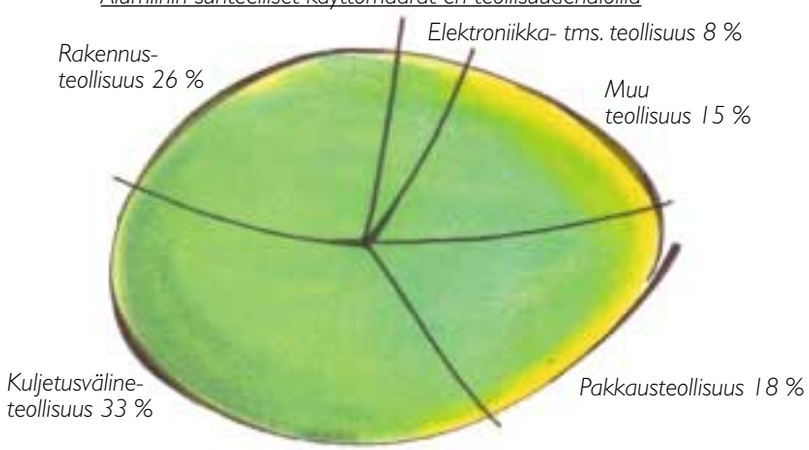
Euroopassa alumiinia käytetään tuotteiden valmistamiseen noin yhdeksän miljoonaa tonnia vuodessa.

Alumiinin käyttömäärä ja sen kehitys (kg/hlö) eräissä Euroopan maissa							
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2002
Suomi	-	-	7,6	12,9	12,9	15,9	15,9
Ruotsi	2,3	6,4	14,7	17,1	21,3	30,1	28,5
Norja	-	4,3	10,8	22,6	19,0	28,4	27,7
Ranska	1,6	4,9	8,8	13,6	17,7	22,3	22,3
Saksa	1,8	7,2	13,7	22,0	29,0	24,7	24,1
Kreikka	-	-	2,3	6,1	7,3	15,3	14,4
Espanja	-	-	4,0	7,6	9,5	12,4	13,2

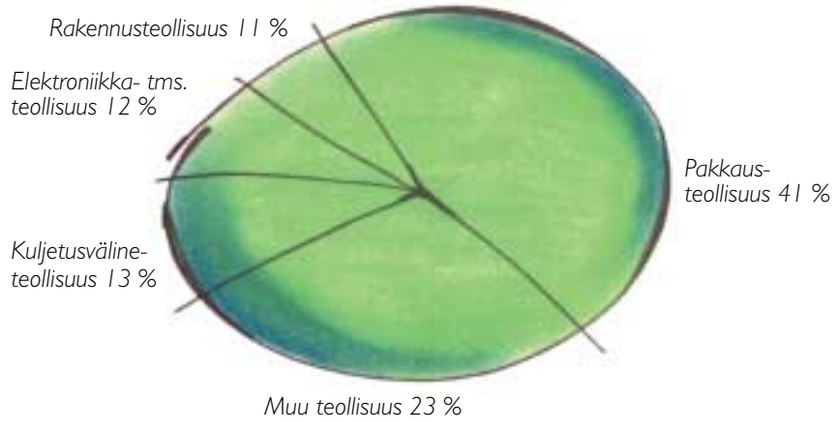
Alumiinin käyttö tuotannossa



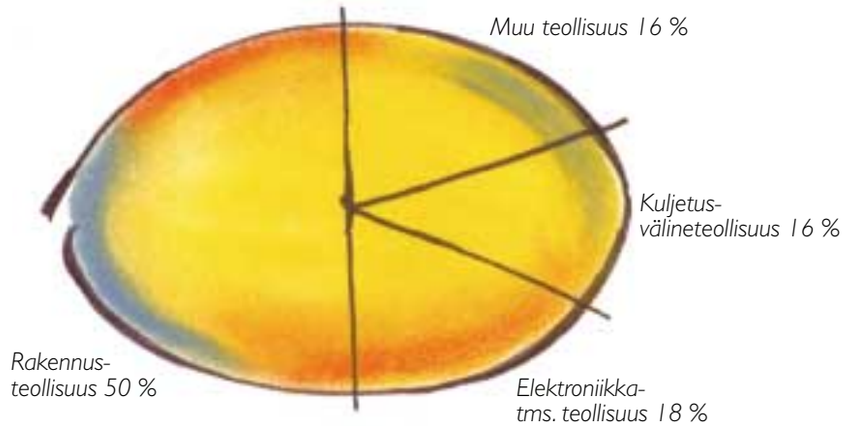
Alumiinin suhteelliset käyttömäärät eri teollisuudenaloilla



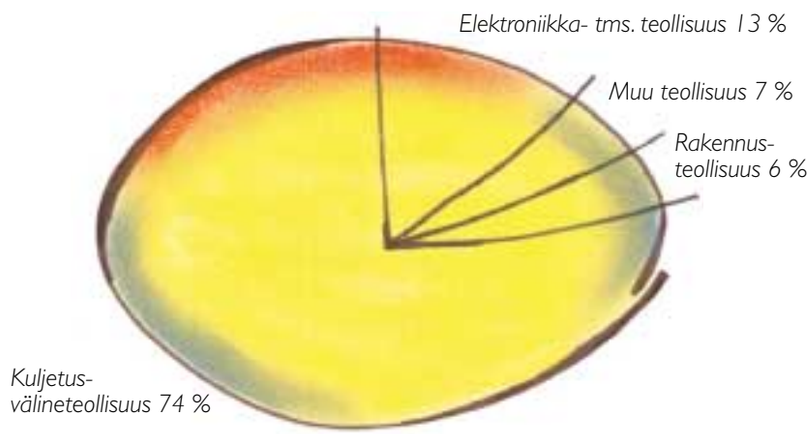
Valssatun alumiinin kokonaiskäytön (noin 3,4 milj. tonnia) jakautuminen eri käyttökohteisiin



Pursotetun alumiinin kokonaiskäytön (noin 2,4 milj. tonnia) jakautuminen eri käyttökohteisiin



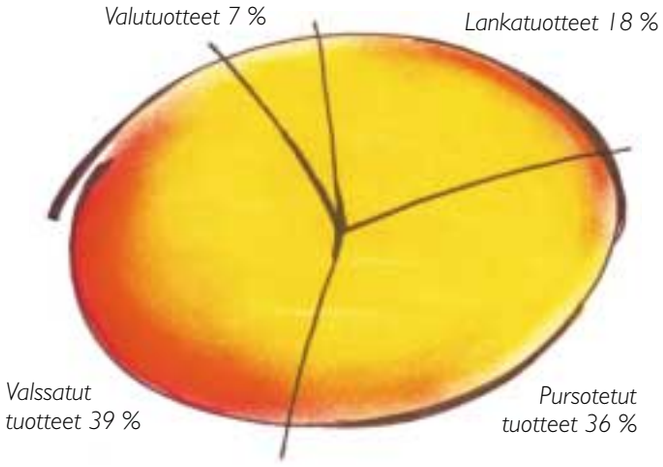
Sekundaarialumiinin kokonaiskäytön (noin 1,9 milj. tonnia) jakautuminen eri käyttökohteisiin



Alumiinin käyttö Suomessa

Vuonna 2002 alumiinia käytettiin Suomessa noin 83 000 tonnia.

Alumiinin kokonaiskäytön jakautuminen eri käyttökohteisiin



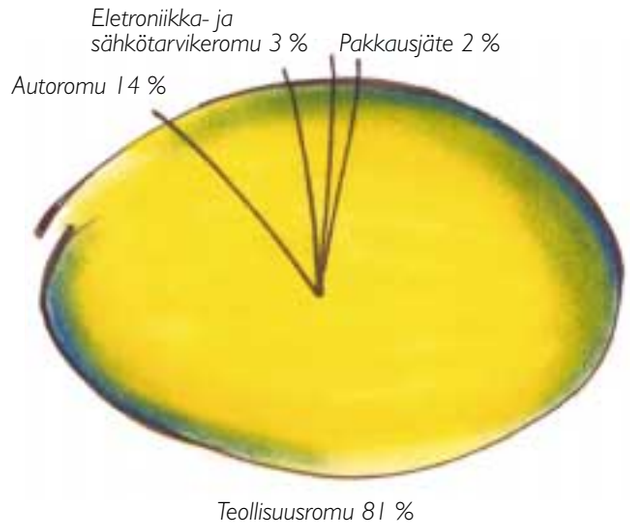
Alumiinia sisältävän romun ja jätteen muodostumismäärät Suomessa (arvio)

	Brutto tonnia	Alumiinia %	tonnia
Metallipakkausromu	25 600	14	3 600
Ajoneuvoromu	64 000	5*	3 200
Elektoniikka- ja sähkötarvikeromu	80 000	3*	2 400
Teollisuusromu			15 000
Yhteensä tonnia			24 200

* muiden kuin rauta- ja teräsmetallien osuus

Suomessa muodostuvan alumiiniromun hyödyntämismäärät (arvio)				
	Alumiinin bruttomäärä tonnia	Kierrätys-aste % Suomessa	Kierrätetty alumiini tonnia	Kierrätys-aste % Euroopassa
Elektroniikka- ja sähkötarvikeromu	2 400	25	600	70
Ajoneuvoromu	3 200	80	2 560	95
Metallipakkausromu	3 600	10	360	30
Teollisuusromu	15 000	95	14 250	85
Yhteensä	24 200			17 770

Suomessa hyödynnetyn alumiiniromun käyttökohteiden mukaiset suhteelliset osuudet



Käytetty lähdeaineisto

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005; Ympäristöministeriö 1995

Teollisen toiminnan jätteet 1992, Suomen virallinen tilasto, ympäristö 1995:7, Tilastokeskus 1995

Ympäristötilasto, Suomen virallinen tilasto, ympäristö 1994:3 Tilastokeskus 1994

Moreeni, Suomen geokemian atlas osa 2, Geologian tutkimuskeskus 1992

Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit, Suomen geokemian atlas osa 3, Geologian tutkimuskeskus 1996

Alumiinit, Raaka-ainekäsikirja 5, Teknologiateollisuus ry 2002 (ISBN 951-817-892-9)

Helena Dahlbo, Kiinteän yhdyskuntajätteen metallivirrat, sarja A, Vesi- ja ympäristöhallitus 1994

Tuula Ramsland, Pakkausjätteen hyötykäytt ömahdollisuudet, Pakkausteknologiaryhmä 1988

Juha Lukkari, Alumiinit ja niiden hitsaus, Teknologiateollisuus ry 2001 (ISBN 951-817-756-2)

Ecological Profile Report for the European Aluminium Industry, European Aluminium Association 1996

Environmental Issues on the Aluminium Industry, European Aluminium Association 1996

Packaging, Position papers, European Aluminium Association

Automotive, Position papers, European Aluminium Association

Construction Industry, Position papers, European Aluminium Association

Aluminium for future generations, European Aluminium Association

Roy Schenk, Johan Bjorksten, Luther Yeager: Composition and Consequences of Aluminium in Water, Beverages and other Ingestibles teoksessa Environmental Chemistry and Toxicology of Aluminium, Ed. by Timothy E. Lewis, Lewis Publishers, Inc.© 1989

Jean A.T. Pennington, John W. Jones: Dietary Intake of Aluminium teoksessa Aluminium and Health, A Critical Review; Ed. by Hillel J. Gitelman, Marcel Dekker Inc.© 1989

Gramiccioni L., Ingrao G., Milana MR., Santaroni P., Tommassi G.: Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils; Food Addit. Contam. 1996 Oct. 13(7):767-74 (ISSN 0265-203X)

"The unedited draft" of Environmental Health Criteria of Aluminium; A WHO Document sent by Dr. P. Jenkins; IPSC-Research International Programme on Chemical Safety, Geneva, April 1997

Aluminium in relation to energy and the environment. A review prepared by Aluminiumteknik, the research and development centre of the Gränges group 1991

Aluminium and Ecology, An ecological perspective of the production and use of aluminium, Hydro Aluminium 1992

Bernard Legrand, Recent Developments on the main European Aluminium Markets; julkaisussa Aluminium Extrusion 1997

Aluminium Handbook 1, Vol. 1: Fundamentals and Materials; Ed. by Catrin Kammer, Aluminium-Verlag Marketing&Kommunikation GmbH© 1999

Lisätietoja alumiinista

Aker Finnyards Oy	www.akerfinnyards.com
Asva Oy	www.rautaruukki.net
Kuusakoski Oy	www.kuusakoski.com
Metso Oyj	www.metso.com
Mäkelä Alu Oy	www.makelaalu.fi
Nordic Aluminium Oyj	www.nordicaluminium.fi
Purso Oy	www.purso.fi

Hyödyllisiä alumiini-linkkejä

www.alumiini.fi	www.alu-verlag.com
www.eaa.net	www.lme.co.uk
www.teknologiateollisuus.fi	www.world-aluminium.org

Muistiinpanoja

www.alumiini.fi

Teknologia teollisuus

Teknologiateollisuus ry, Eteläranta 10, PL 10, 00131 HELSINKI
Puhelin (09) 19231, faksi (09) 6244362
www.teknologiateollisuus.fi

www.alumiini.fi

ALKUAINE NRO 13

www.alumiini.fi