



Emmi Harjuniemi

## OPAS E-TEKSTILIEN TEKEMISEEN

Kaikki tärkeä elektronisten tekstiilien tekemisestä ilman ohjelmointia

Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan julkaisu  
Sarja D. Opintojulkaisuja, nro 29

Emmi Harjuniemi

# OPAS E-TEKSTIILIEN TEKEMISEEN

**Kaikki tärkeä elektronisten tekstiilien tekemisestä ilman ohjelmointia**

© Emmi Harjuniemi

Kansi, taitto, graafinen suunnittelu sekä kuvitukset:  
Emmi Harjuniemi

Tämän teoksen valmistumista on tukenut  
Suomen Kulttuurirasto myöntämällään apurahalla.

PDF:

ISBN 978-952-337-348-8

ISSN 2737-0585

Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan julkaisu

Sarja D. Opintojulkaisuja, nro 29 (pdf.)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-337-348-8>

Painettu:

ISBN 978-952-94-6479-1

Arktiset e-tekstiilit

Popa Oy, Rovaniemi 2023 (2. painos)



# SISÄLLYS

Saatteeksi	5
Johdanto	6
Tarvikkeet	8
Virtapiiri	10
Testaus	11
Suunnittelu	12
Toteutus	13
Viimeistely	14
Erlaisia kytkentöjä	15
Kytkimet	16
Esimerkkejä kytkimistä	17
Kytкимиä tuotteissa	20
Vianetsintä	22
Pestävyys	22
Turvallisuus	23
Kestävyys ja eettisyys	23
Lähteet	24
Lue lisää	24

# SAATTEEKSI

Käsityöt + teknologia = elektroniset tekstiilit

Tämä teos johdattaa yksinkertaisten, ohjelmoimattomien e-tekstiilien valmistukseen. Aiempaa kokemusta ei tarvita, vaan innostus ja kiinnostus aiheeseen riittävät hyvin. Esittelen erilaisia esimerkkejä kytkimistä, joita voi helposti soveltaa omiin projekteihin ja käyttää myöhemmin vaikka ohjelmoituissakin projekteissa hyödyksi. Toivon, että teos inspiroi myös tekemään omia kokeiluja kytkimistä ja e-tekstiileistä. Oppaaseen sisältyy myös lisämateriaali, johon löydät linkin aivan lopusta.

Haluaisin nähdä mitä oppaan avulla on saatu aikaiseksi!

Kuvan voi lisätä Instagramiin ja tägätä @e\_tekstiilit tai #arktisetetekstiilit

Minulle voi myös laittaa sähköpostia: etekstiilit@gmail.com

Arktiset e-tekstiilit löytyy Instagramista @e\_tekstiilit ja verkkosivuilta etekstiilit.com

## KIITOS

Kiitän Suomen Kulttuurirahastoa heidän myöntämästään apurahasta elektronisten tekstiilien oppimateriaalin kehitystyöhön. Arvostan kovasti rahaston tukea.

## INSPIROIVIA HETKIÄ E-TEKSTIILIEN PARISSA!

*Toivottaa Emmi*

Olen Emmi Harjuniemi, e-tekstiilien asiantuntija, opettaja ja väitöskirjatutkija. Haluan osaltani myötävaikuttaa teknologiaoppimisen kynnyksen madaltumiseen. Olen julkaissut oppimateriaalia e-tekstiileistä, sekä koulutan aiheesta kiinnostuneita. Väitöskirjani käsittelee e-tekstiilien opettamista ja artikkeleitani on julkaistu ja töitäni palkittu alan johtavissa, kansainvälisissä konferensseissa.



# JOHDANTO

Käsitöillä ja elektroniikalla on pitkä yhteinen historia. Pidempi, kuin ihan äkkiseltään osaisi arvata. Käsitöitä on tehty läpi historian ja samalla on kehitetty erilaisia tekniikoita ja materiaaleja niiden tekemiseen. Metalleja, jotka ovat muuten parhaiten sähköä johtavia materiaaleja, alettiin yhdistellä tekstiileihin yli tuhat vuotta sitten. Pieniä palasia koristeiksi, suurempia palasia haarniskoihin ja metallipäälysteisiä lankoja arvokkaisiin kirjailuihin ja kudontoihin (Buechley ym. 2013.) E-tekstiilien tekemiseen käytetään nykyäänkin metallia sisältäviä, sähköä johtavia ompelulankoja.

Tekstiilin ja digitaalitekniikan välinen yhteys ulottuu 1800-luvun alkuun, jolloin Joseph Marie Jacquard kehitti Jacquard-kudontakoneen. Sen toimintatapa on historian ensimmäinen ensimmäinen teknologinen ratkaisu, jota voidaan pitää ”ohjelmanä”. Koneeseen asennettu, rei’itetty paperirulla ohjasi kudotun kuvion syntyä tekstiiliin (Buechley ym. 2013.) Charles Babbage inspiroitui reikäkorttien toimintamekaniikasta ja kehitti niiden pohjalta ensimmäisen tietokoneen. Reikäkorttien avulla tietokoneisiin syötettiin numeraalista dataa ja käsittelyohjeita. Ada Lovelace puolestaan kirjoitti niiden avulla ensimmäisen koodin (History of Computers, 2019.)

Sähkö ilmiönä oli ollut tuttu jo muinaisille ihmisille, mutta sähkötekniikka alkoi kehittyä nopeasti 1800-luvulla. Vuosisadan loppupuolella sähköä alettiin kekseliäästi yhdistellä vaatteisiin ja koruihin. Syntyi valaistuja ja moottoroituja kaulakoruja, hattuja ja pukuja. Mielenkiintoinen esimerkki tuolta ajalta on Electric Girl Lightning Company, josta pystyi tilaamaan viihdyttäjiä, valaistuissa puvuissa cocktail-tilaisuuksiin. Ongelmana kuitenkin oli pienten ja vähän energiaa kuluttavien komponenttien heikko saatavuus. Taiteellisia kokeiluja oli myös 1960-luvulla, joita innoitti suurvaltojen avaruuskilpavarustelu. New Yorkissa oli esillä näyttely, jossa keskiössä oli pukeutuminen ja teknologia. Siellä esiteltiin mm. Diana Dewin valaistu Movie Dress -mekko, ja sireenin ääntä soittava vyö. Nämä innovaatiot kuitenkin unohdettiin seuraaviksi vuosikymmeniksi (Buechley ym. 2013.)

Nykyaikaiset e-tekstiilit saivat alkunsa 1990-luvun puolessa välissä, kun MIT:n tutkijat, joita johtivat Steve Mann, That Starner ja Sandy Pentland, alkoivat kehittää puettavia tietoneita (engl. wearable computers). He pohtivat erityisesti miten tietokoneita voisi kantaa mukanaan ja kuinka ne voisi integroida vaateetukseen. Maggie Orth työryhmineen kehitti tämän tutkimuksen myötä Musical Jacketin, jossa musiikkisoitinta voitiin ohjailla takin miehustassa olevista kuvioista. Tämä esiteltiin Wearable Fashion Showssa vuonna 1997 (Buechley ym. 2013.)

Tämän uraa uurtavan alun jälkeen, pieni mutta kasvava yhteisö tutkijoita, materiaalitekniikan ja elektroniikan insinöörejä ovat tutkineet e-tekstiilejä. Ala pysyi

hyvin erikoistuneena ja sulkeutuneena kunnes MIT:n tutkija, professori Leah Buechley, kehitti e-tekstiilien kehittämisspaketin osana väitöskirjatyötään. Hän jalosti siitä kuluttajamarkkinoille rakennussarjan nimeltä LilyPad Arduino (Buechley ym. 2013.) Se julkaistiin kuluttajiena saataville 2007.

Viime vuosikymmenien aikana tekstiilin ja tietokoneiden yhteys on kehittynyt vahvemaksi kuin koskaan. Silti e-tekstiilit ovat edelleen kohtalaisen tuntematon ala ja haluan osaltani tuoda sitä enemmän näkyville. Tavoitteenani on myös madaltaa teknologiaoppimisen kynnyksiä etenkin lapsilla ja nuorilla. Tämä tarkoittaa, että yhä teknologisoitumassa elinympäristössämme, opeteltaisiin miten voimme vaikuttaa ja hallita teknologiaa, eikä vain jäädä sen ympäröimäksi.

Määrittelmäni e-tekstiileistä on seuraava: E-tekstiili, eli elektroninen tekstiili, on tuote tai teos, jossa on yhdistetty elektroniikkaa ja tekstiilimateriaaleja. Yksinkertaisimmillaan sellaisen voi valmistaa tekstiilistä, sähköä johtavasta ompelulangasta, led-valosta ja virtalähteestä kuten paristosta. Vuorovaikutteisia niistä saadaan katkaisemalla virtapiiri jostain kohtaa kytkimellä. Monimutkaisempia toimintoja, kuten valoon ja lämpötilaan reagoitua, saadaan aikaan ohjelmoitavien mikrokontrollereiden eli pienten tietokoneiden avulla (Harjuniemi & Pyrstöjärvi, 2020.)

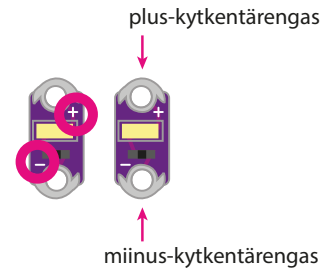
E-tekstiilien kehitystyö jatkuu edelleen. Sen lisäksi, että tässä kirjassa esitetyt tutut materiaalit ovat saaneet uusia toimintoja, markkinoille tulee jatkuvasti uusia tuotteita, materiaalia ja teknologioita. Olen päässyt Lapland User Experience (LUX) -tutkimusryhmän kanssa työskentelemään mielenkiintoisten projektien parissa. Yksi tulevaisuuden teknologiaa edustava aine on elektrokromaattinen muste, joka vaihtaa paikka sähköä avulla. Pääsin toteuttamaan yhteistyössä mekon, jossa tätä mustetta käytettiin. Päivällä mekko soveltuu vaikkapa konferenssiin, jolloin miehustassa oleva muste peittää ja illalla cocktail-tilaisuuteen, jolloin muste paljastaa ja siirtyy sitten eri paikkaan (Jaruriboonchai, Harjuniemi, Müller, Colley & Häkkinen, 2019). On inspiroivaa päästä väitöskirjatutkijana työskentelemään eri alojen ammattilaisten kanssa innovatiivisissa projekteissa. Teknologia kehittyy huimaa vauhtia eteenpäin ja se mahdollistaa uudenlaisten e-tekstiilien suunnittelun ja haastaa miettimään millaisia tekstiileitä onkaan mahdollista tehdä: Millaiset olisivat tarpeellisia? Kauniita? Käyttötarkoitukseen sopivia ja toimivia? Ja etenkin miten tätä kaikkea opetetaan?

Tämän kirjan esimerkit johdattavat e-tekstiilien tekemisen perusasioihin kuten virtapiiriin ompeluun ja yksinkertaisten kytkimien käyttöön. Malleja voi myös soveltaa omiin tuotteisiin tai kehitellä jotain aivan uutta!

# TARVIKKEET

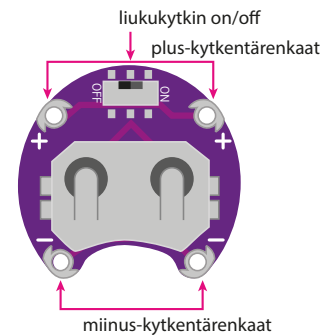
## OMMELTAVA LED

LED (engl. Light Emitting Diode) eli hohtodioidi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta. Ommeltavassa ledissä on kytkentärenkaat, joiden avulla se voidaan kiinnittää kankaalle ja yhdistää sähköä johtavalla langalla muihin komponentteihin. Kytkentärenkaat on merkitty plus- ja miinusmerkein virtapiiriin ompelua varten. Ommeltavat ledit sisältävät usein vastuksen ja niitä on saatavilla useaa eri mallia ja värejä.

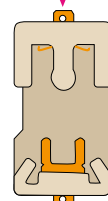


## OMMELTAVA PARISTOPIDIKE

Paristopidikeitä CR2032 3V -nappiparistolle on saatavilla erilaisia. Yhteistä kaikille malleille on kytkentärenkaat, joiden avulla se voidaan yhdistää sähköä johtavalla langalla muihin komponentteihin ja ommella kiinni kankaalle. Viereissä kuvassa, ylemmässä pidikkeessä on liukukytin ja kytkentärenkaita kaksi paria. Ei ole väliä kumpaa paria käyttää. Liukukytimellä ON/OFF saa virran päälle ja pois. Alemmassa kuvassa taas on hieman yksinkertaisempi malli. Paristopidikkeen voi myös tehdä itse: tehdään pieni tasku, jonne paristo mahtuu tiiviisti ja asetetaan sähköä johtavaa lankaa tai kangasta molemmiin puolin taskun sisäpuolelle. Tehdään sähköä johtavalla langalla virtapiiri siten, että langat yhdistetään ompelemalla sisäpuolisiin lankoihin tai kankaisiin.



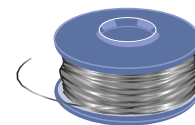
plus-kytkentärenkas



miinus-kytkentärenkas

## SÄHKÖÄ JOHTAVA LANKA

Sähköä johtavia lankoja on erilaisia, joiden ominaisuudet ommeltavuudessa ja sähkönjohtavuudessa vaihtelevat. Hopealla päällystettyä polyamidilankaa on helpompaa käsitellä, kun taas ruostumattomasta teräksestä valmistettu lanka on haastavampaa ommella, mutta sillä on parempi johtavuus. Johtavuuteen vaikuttaa myös montako säiettä langassa on. Lanka ei ole eristetty (kuten johto) joten sen pinnalla kulkee sähkövirta ja se kannattaa eristää peittämällä ompeleet esim. kankaalla.





## HAUENLEUAT

Hauenleuat on tarkoitettu koekytkentöjen tekemiseen. Niillä voidaan tarkistaa, että suunniteltu virtapiiri ja sen sisältämät komponentit toimivat ennen kuin ne ommellaan työhön kiinni. Ne ovat myös käteviä protokappaleiden rakentamisessa ja koekytkentöjen tekemisessä.



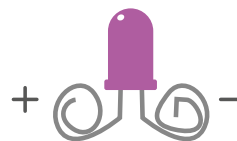
## VIRTALÄHDE

Näissä tämän teoksen projekteissa käytetään virtalähteenä 3V-paristoa mallia CR2032. Huomioitavaa on, että yhdellä paristolla voidaan valaista enintään viisi lediä. Yhdellä ledillä paristo kestää n. 10-12 h. Useammalla ledillä paristo kestää vähemmän aikaa, sillä mitä enemmän ledejä on, sitä himmeämpi ja lyhytkestoisempi valaistus on.



## OMMELTAVUUDEN MUOKKAAMINEN

Komponentteja voi muokata ommeltavaan muotoon. Pihdeillä voidaan varovasti taivuttaa esim. ledin jalat, kuten viereisessä kuvassa, niin että se on helpommin ommeltavissa. Pidemmän, eli positiivisen jalan voi merkitä värillä tai taittaa jalat eritavoin, jotta ne tunnistaa myöhemmin. Tavallisissa ledeissä ei yleensä ole vastusta, vaan niiden kanssa käytetään käytetään erillistä vastusta.

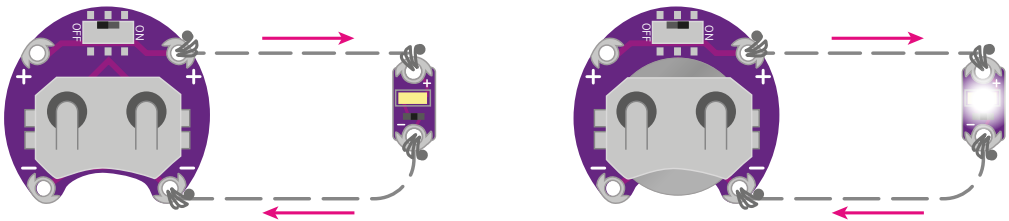


## SÄHKÖÄ JOHTAVAT MATERIAALIT

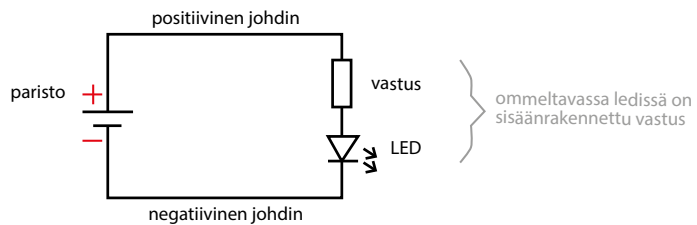
E-tekstiileissä voi hyödyntää monenlaisia sähköä johtavia ja eristäviä kankaita sekä muita materiaaleja. Saatavilla on paljon neulottuja ja kudottuja kankaita, joiden sähkön johtavuusominaisuudet vaihtelevat käytetyistä langoista ja kuiduista riippuen. Lisäksi saatavilla on mm. nyörejä, huovutusvillaa, tarranauhaa, painovärejä ja -musteita, jotka johtavat sähköä, unohtamatta tietenkään metallisia vetoketjuja. Sähkön johtavuutta voi testata yleismittarilla. Materiaaleja ja tarvikkeita löytää niin netissä toimivista elektroniikkaliikkeistä, kuin paikallisista askartelu- ja kangaskaupoistakin. Toimijoita on kotimaisia ja ulkomaalaisia. Ulkomailta saa ehkä halvemmalla, mutta kotimaiselta toimijalta tilatessa säästyy tullimaksuilta ja pitkiltä toimitusajoina.

# VIRTAPIIRI

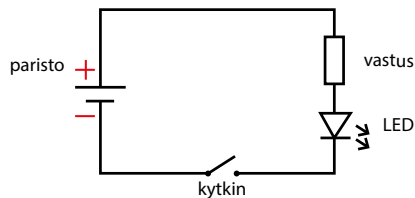
Suljetun virtapiirin muodostavat virtalähde, johtimet ja elektroniikkakomponentit. Virta kulkee pariston navalta toiselle. Ledin saa syttymään yhdistämällä pluskytkentärenkaan (anodi) pariston positiiviseen napaan ja miinuskytkentärenkaan (katodi) pariston negatiiviseen napaan. Alla olevassa kuvassa led on yhdistettyä paristoon.



Keskimmäisessä, tämän kappaleen alla olevassa kuvassa, sama on esitetty kytkentäkaaviona. Virtapiiri on yksinkertainen, jos virralla on vain yksi kulkureitti, eikä useampia haarautuvia reittejä.



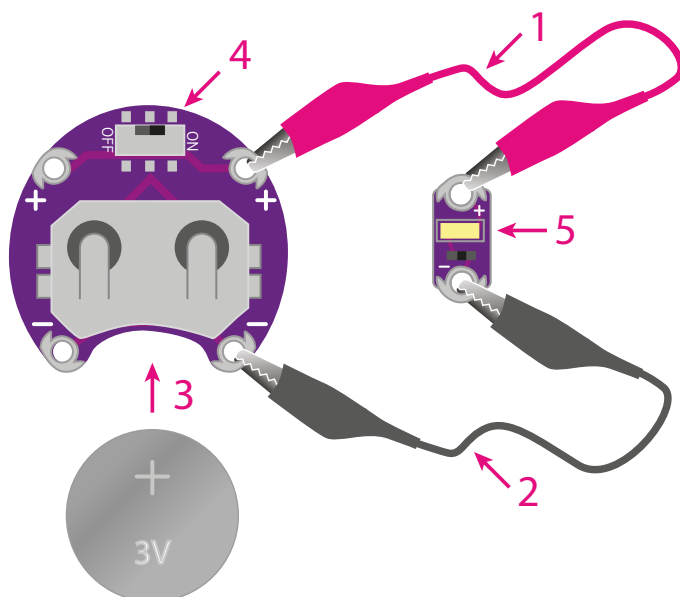
Avoin virtapiiri syntyy, kun piiri on jostain kohtaa poikki ja virta ei kulje. Katkaisu voidaan tehdä tarkoituksella erilaisilla kytkimillä. Alimmaisena olevassa kuvassa kytkentäkaavion johtimeen on liitetty kytkin, jolla voidaan hallita ledin syttymistä ja sammumista.



Virtalähteen voi viedä kauemmas ledistä erilaisilla sähköä johtavilla materiaaleilla kuten johdolla, langalla, kankaalla, kupariteipillä tai foliolla. Materiaalit johtavat sähköä eri tavoin. Puhutaan sähkön johtimista ja eristeistä. Metallit johtavat sähköä hyvin ja luonnon materiaalit, kuten puu, taasen huonosti. Eristeet pysäyttävät sähköä kulun ja vastukset hidastavat virtausta. Sähkö virtaa sieltä, missä on helpoin ja lyhyin reitti.

# TESTAUS

Kaikki työhön tulevat elektroniset komponentit kannattaa testata ennen niiden kiinni ompelamista. Näin ollen ei tule tilannetta, jossa työn olessa valmis, huomataan, että ledit eivät toimikaan tms. Kytkentöjen kanssa tulee olla tarkkana, vaikka jännitealueet tämän kirjan esimerkeissä ovat sen verran alhaisia, että varsinaiset vaaratilanteet ovat hyvin harvinaisia. Joskus kuitenkin väärin asennettu ledi voi mennä rikki (Tukes, 2021).



Koekytännät tehdään seuraavaasti:

1. Kytke hauenleuoilla ledin ja pariston pitimen pluskytkentärenkaat
2. Kytke hauenleuoilla ledin ja pariston pitimen miinuskytkentärenkaat
3. Sijoita CR2032 3V -paristo pidikkeeseen
4. Siirrä liukukytkin asentoon: ON
5. Lediin syyttyy valo!

Jos lediin ei syty valoa, tarkista vielä uudelleen yllä olevat asiat ja että hauenleuat osuvat kytkentärenkaiden metallisiin osiin kunnolla. Jos kaikki on oikein ja led ei siltikään syty, se voi olla viallinen tai paristo voi olla tyhjä.

Lopuksi siirrä aina liukukytkin OFF-asentoon, irrota kytkennät sekä poista paristo pidikkeestä ja säilytä asianmukaisesti.

# SUUNNITTELU

Työn suunnittelu voi alkaa esimerkiksi ajatuksesta, inspiraatiosta tai tarpeesta. Haen itse lähtökohtia ja inspiraatiota usein arktisuudesta: luonnonilmiöstä, äänimaailmoista, valoista ja muotokielestä. Suunnitteluprosessi on usein iteratiivinen, tarkoittaen sitä, että prosessin eri vaiheita toistetaan, kunnes saavutetaan haluttu lopputulos. Toisinaan taas tuote kehittyy sitä tehdessä ja prosessi on hyvinkin suoraviivainen. Alussa voi olla selkeää suunnitelmaa tai voi lähteä vain kokeilemaan millaisia ideoita teknologiaan tutustuminen tuo tullessaan.

## SUUNNITTELU- JA VALMISTUSPROSESSI SISÄLTÄÄ USEIN SEURAAVIA VAIHEITA

- **Ideointi ja inspiroituminen**  
Tähän voi ammentaa ajatuksia ihan mistä vain!
- **Taustatutkimuksen tekeminen**  
Selvitetään, mitä tuotteita on jo tehty
- **Tuotteen tai teoksen suunnittelu ja kaavoitus**  
Suunnitellaan myös mihin valaistus tulee ja miten pariston vaihto onnistuu
- **Suunnitelma virtapiirien ja komponenttien sijoittumisesta tuotteeseen**  
Piirretään komponentit oikean kokoisina myös kaavaan
- **Testaus paperiprototyypillä**  
Testaus auttaa teoksen onnistumista myös virtapiirin osalta
- **Elektroniikan testaus koekytkennoillä**  
Tässä apuna ovat hauenleuat
- **Tuotteen valmistus tekstiilistä ja elektroniikan ja/tai virtapiirin lisäämien tekovaiheessa**  
Saumaton elektroniikan yhdistäminen vaatii usein, että se ommellaan paikoilleen tuotteen valmistuksen yhteydessä
- **Virtapiirin viimeistely ja elektronisten komponenttien lisääminen**  
Viimeistellään liimalla tai kynsilakalla langan päät
- **Yksityiskohtien lisääminen ja tuotteen viimeistely**  
Sisältää koristelut yms.

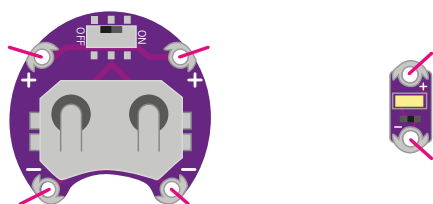
Näissä vaiheissa voidaan palata taaksepäin ja vaiheita voidaan myös toistaa.

# TOTEUTUS

Aluksi suunnitellaan e-tekstiilituote ja paikat mihin kohtaan työssä ledit ja paristopidike sijoitetaan. Paristo tulee olla helposti poistettavissa ja vaihdettavissa. Piirrä suunnitelma paperille: sijoitettavien komponenttien paikat ja miten ne tullaan kytkemään. Voit kokeilla tuotetta paperista tehdyllä prototyypillä ennen kuin etenet tuotteen leikkaamiseen kankaasta. Piirrä kankaalle kaikki komponentit ja miten virtapiiri kulkee.

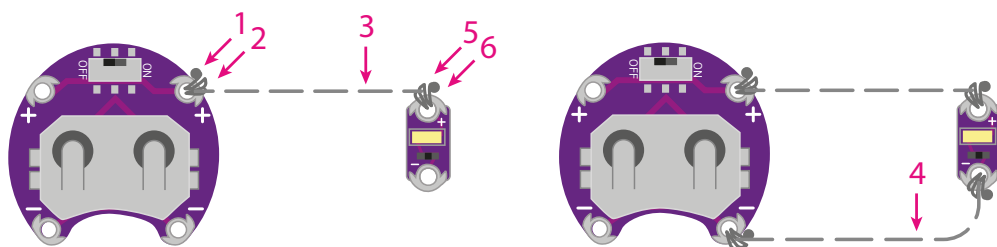
## KIINNITYS

Komponentit harsitaan kiinni tavallisella ompelulangalla.



## VIRTAPIIRIN OMPELU

1. Aloitetaan tekemällä pitävä solmu lähelle aloituskohtaa ja leikkaamalla ylimääräinen lanka pois.
2. Kierretään lanka kolme kertaa kytkentärenkaan ympäri, jotta saadaan langalle ja kytkentärenkaalle tarpeeksi yhteistä johtumispinta-alaa. Tämä tehdään aina jokaisen kytkentärenkaan kohdalla.
3. Yhdistetään ompelemalla sähköä johtavalla langalla paristopitimen pluskytkentärengas ledin pluskytkentärenkaaseen.
4. Yhdistetään tämän jälkeen paristopitimen miinuskytkentärengas ledin miinuskytkentärenkaaseen. Lopetetaan aina kiertämällä lanka kolme kertaa kytkentärenkaan ympärille. Tehdään solmu mahdollisimman lähelle kytkentärenkasta ja katkaistaan lanka lyhyeksi.

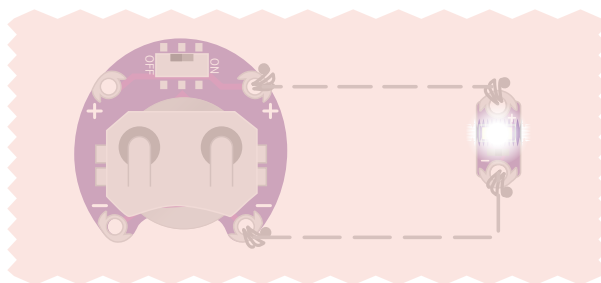


# VIIMEISTELY

Huomioidaan materiaalien erityistarpeet viimeistelyssä. Sähköä johtava lanka purkautuu helposti, joten lankojen päät voi viimeistellä kynsilakalla tai liimalla. Sähköä johtavalla langalla ei ole eristekerrosta, joten se kannattaa peittää kankaalla tai muulla eristävällä materiaalilla tarvittaessa.

Ledille voi leikata reiän tai se voi loistaa materiaalin läpi. Laita paristo pidikkeeseen ja liukukytkin ON-asentoon ja led-valo syttyy!

Lopuksi siirrä aina liukukytkin OFF-asentoon, irrota kytkennät sekä poista paristo pidikkeestä ja säilytä asianmukaisesti.



## VINKKEJÄ OMPELUUN

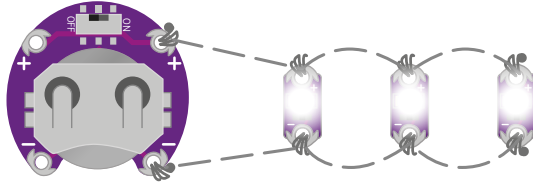
Tärkeintä on, että plus- ja miinusompeleet eivät kosketa toisiaan missään kohtaa tai siitä syntyy oikosulku. Yhdellä langalla ommellaan yksi kytkentä, eli liitetään kaksi komponenttia toisiinsa. Jos sama kytkentä jatkuu, (kuten viereisellä sivulla olevissa kuvissa,) voidaan esimerkiksi koko miinuskytkentä tehdä yhdellä langalla ja pluskytkentä toisella langalla. Mutta samalla langalla ei voi tehdä koko virtapiiriä - tällöin virta kulkee ledin ohi, eikä sen läpi. Näin ollen ledi ei syty.

Ommellaan aina kolme kertaa tiukasti kytkentärenkaan ympäri, jotta langan ja kytkentärenkaan suhteen tulisi tarpeeksi johtumispinta-alaa. Vältetään löysiä lankalennekkejä, sekä pitkiä langan päitä. Löysällä olevat langat aiheuttavat kosketushäiriöitä, jotka ilmenevät epätasaisena toimivuutena valmiissa työssä. Mikäli langat kulkevat vierekkäin tai ristiin, ne voidaan eristää toisistaan kankaalla tai muulla sähköä johtamattomalla materiaalilla.

Ommeltavuuden parantamiseksi lankaa voi vahata esim. mehiläisvahalla. Langan voi myös laittaa ompelukoneeseen alalangaksi. Sillä voi ommella ompelukoneella samalla tavalla kuin tavallisellakin langalla.

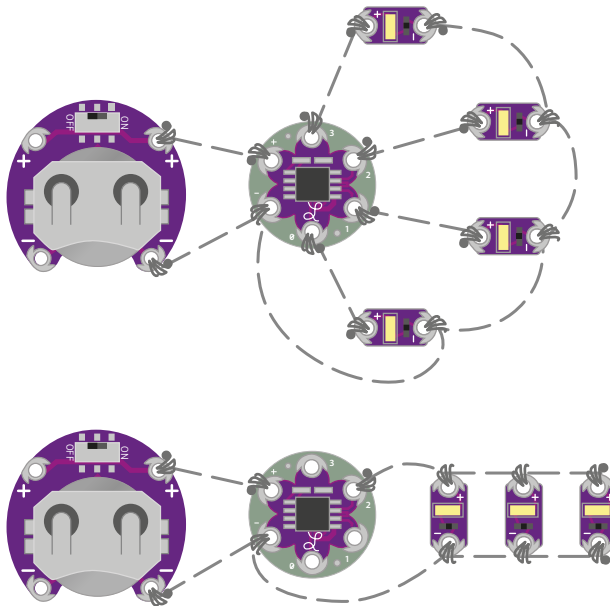
# ERILAISIA KYTKENTÖJÄ

Useampi ledi kytketään rinnan paristopidikkeeseen. Suositeltavaa on kytkeä tällä tavoin enintään kolme lediä. Huomaa, että yhdellä langalla voi ommella koko pluskytkennän ja toisella langalla koko miinuskytkennän.



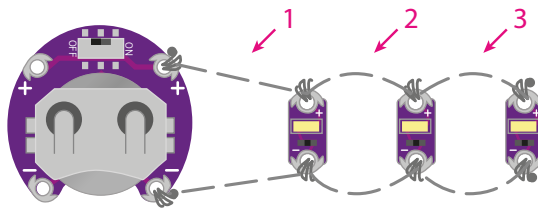
On olemassa myös valmiiksi ohjelmoituja mikrokontrollereita. Tällaisia ovat LilyTwinkle ja LilyTiny, jotka ovat käytännössä aivan saman näköisiä. Ne sisältävät mikrokontrollerin, johon on valmiiksi syötetty ohjelma. Niihin voi kytkeä ledit alla olevan kuvan mukaisesti. Tai kytkennän voi tehdä vain yhteen kytkentärenkaaseen, kuten ihan alimmassa kuvassa on tehty. LilyTwinkleä tai LilyTinya voi käyttää, jos haluaa työstään vilkkuvan.

LilyTwinklessä kaikki ledit tuikkivat sattumanvaraisesti. LilyTinyssä taas jokainen ledi vilkkuu erilailla: kytkentärenkaaseen 0) kytketty ledi vilkkuu "hengitysefektin" mukaisesti, 1) ledi vilkkuu sydämen sykkeen mukaan, 2) vilkkuu päälle ja pois 3) vilkkuu täysin satunnaisesti.



# KYTKIMET

Kytkimillä voidaan tehdä tarkoituksella virtapiiristä avoin. Kytkin katkaisee virtapiirin ja sen avulla voidaan hallita virran kulkua eli tässä tapauksessa syttykö led vai ei. Katkaisu voidaan tehdä eri kohtiin virtapiiriä. Esimerkiksi, jos katkaisu tehdään alla olevan kuvan kohdasta 1) kaikkii ledit syttyvät kun kytkin sulkee virtapiirin, 2) kaksi oikean puoleisinta lediä on hallittavissa kytkimellä ja 3) vain yksi, oikeanpuolimmainen ledi saadaan syttymään ja sammumaan kytkimellä.



Erilaisia kytkimiä voi tehdä myös itse. Seuraavaksi esittelen erilaisia kytkimiä, joita voidaan valmistaa osin tutuista, käsitoissa käytettävistä materiaaleista. Sähköä johtavaa tarranauhaa ja -kangasta ei ihan tavallisesta kangaskaupasta löydä, joten niiden hankinnassa kannattaa kääntyä elektroniikkaliikkeiden puoleen.

Kytkimien teossa vain mielikuvitus on rajana. Pääasia on, että kytkimen vastakkain osuvat kappaleet ovat molemmat sähköä johtavaa materiaalia. Kun ne osuvat toisiinsa, kytkin toimii ja virta kulkee. Lisävariaatioita on nähtävissä tämän teoksen lisämateriaaleissa ja sieltä myös näkee miten nämä (tässä piirrettynä esitetyt) kytkimet toimivat käytännössä. Nämä kytkimet toimivat myös ohjelmoiduissa e-tekstiileissä.

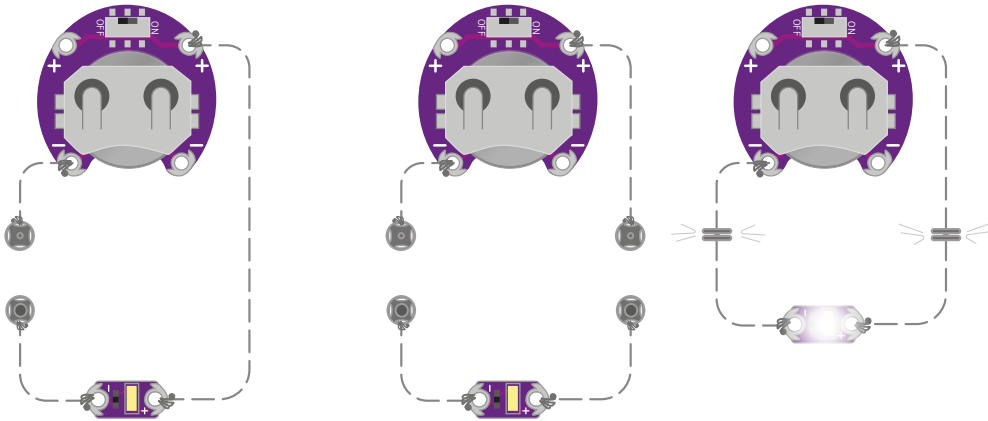
Kytkimien avulla voidaan tuoda vuorovaikutteisuutta e-tekstiileihin.



# ESIMERKKEJÄ KYTKIMISTÄ

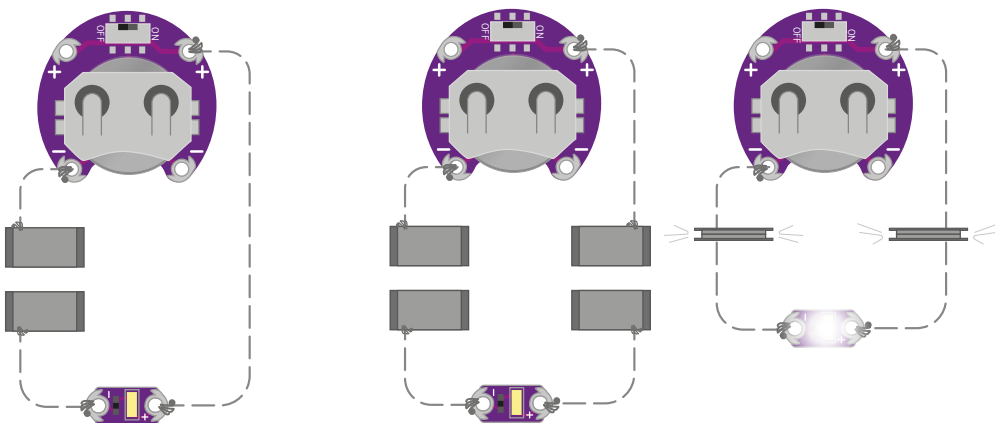
## KYTKIN PAINONAPEISTA

Tällaisen kytkimen voi tehdä yhdellä painonapilla, jos saa langan kierrätettyä toiselta kautta. Tai sitten voi tehdä kahdella painonapilla, jolloin kappaleen, jossa on ledi, voi irrottaa kokonaan.



## KYTKIN SÄHKÖÄ JOHTAVASTA TARRANAUHASTA

Alla olevat kytkimet on tehty sähköä johtavasta tarranauhasta ja toteutuksen voi tehdä joko yhdellä tai kahdella tarranauhalla.



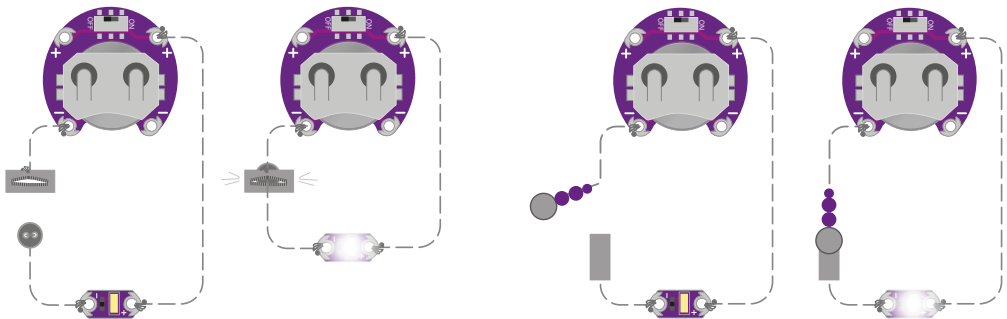
## KYTKIN VETOKETJUSTA

Vetoketjulla on monta mahdollisuutta. Led voi syttyä, kun vetoketju on auki, kiinni tai jossain tietyssä kohtaa. Sähköä johtavaa lankaa laitetaan vetoketjun molemmille puolin siten, että se osuu vetimen metalliosaan. Kun vedin on oikeassa kohdassa ja osuu sähköä johtaviin lankoihin, led syttyy. Tämä voidaan tehdä eri kohtiin vetoketjua, kuten alla olevassa kuvassa.



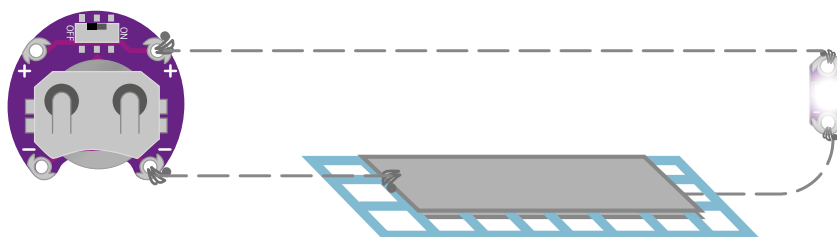
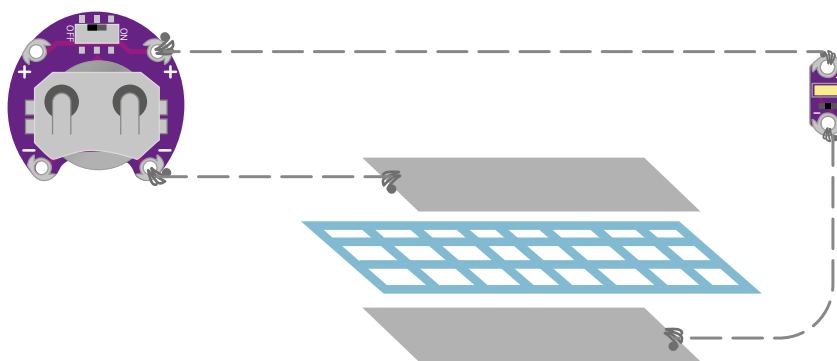
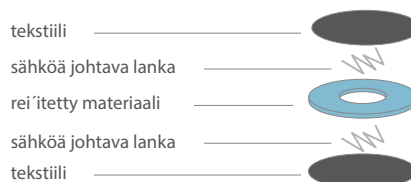
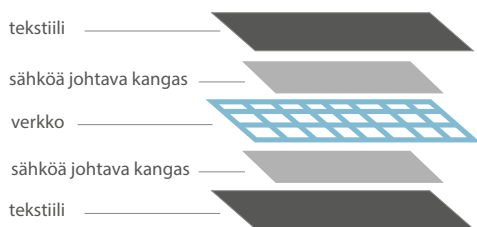
## ERILAISIA KYTKIMIÄ

On mahdollista tehdä mitä mielikuvituksellisimpia kytkimiä. Tässä vielä alla vasemmalla: napista ja napinläpeen sijoitetusta sähköä johtavasta kankaasta tehty kytkin. Oikealla puolestaan on “heiluri”, joka on tehty metallihelmestä ja sähköä johtavasta kankaasta.



## PAINOKYTKIN

Alla on esimerkki kuinka painokytymen voi tehdä itse. Kuvassa on havainnollistettu miten kerrokset tehdään. Päälimmäisenä ja alimmaisena on kangasmateriaalia. Seuraavaksi tulee sähköä johtava materiaali, joka voi olla kangasta tai lankaa. Kun nämä sähköä johtavat kerrokset osuvat yhteen, virta kulkee. Jotta ne eivät koko ajan osuisi yhteen, voidaan väliin laittaa eriste. Tämä eristekerros suojaa siten, että sähkö ei koko ajan kulje. Eristeeseen voidaan tehdä reikiä siten, että painettaessa päälimmäisestä kerroksesta, sähköä johtavat materiaalit osuvat toisiinsa. Huomaa, että rei'itetyn kankaan tai vahtomuovin tulee olla pinta-alaltaan sähköä johtavia kankaita isompi. Reikien kokoa pitää yleensä testata.



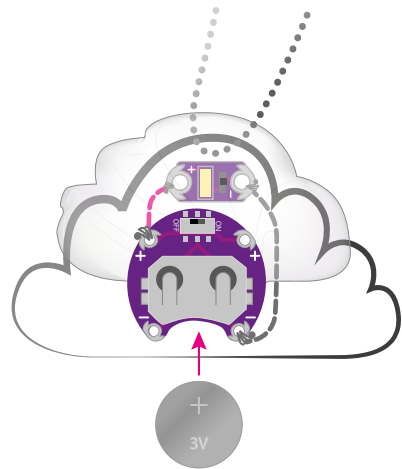
# KYTKIMIÄ TUOTTEISSA



Inspiraatiota näihin, suunnittelemiini tuotteisiin olen hakenut arktisuudesta. Huopakorin tekemisessä inspiroi Kilpisjärven tulessa heiluvat tupasvillat, korussa Kemijärvellä, myrskyn jälkeen auringossa hohtavat pilvet ja meikkilaukussa Rovaniemen kirkas tähtitaivas. Inspiraatiota tekemiseen voi löytyä mistä vaan, arkisista asioista tai matkoilla nähdyistä tai koetuista asioista.

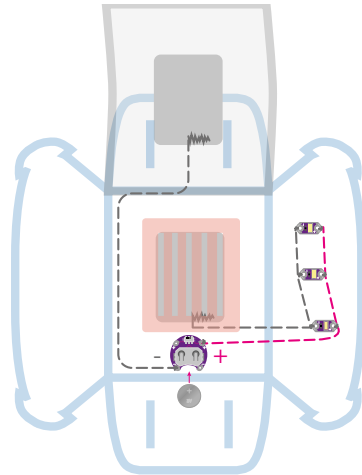
## VALAISEVA KORU

Koru on hyvin yksinkertainen, siinä on ainoastaan paristopitimessä oleva ON/OFF -kytkin. Paristo koteloaa ei ole peitetty, mutta langat on ommeltu huovan sisään.



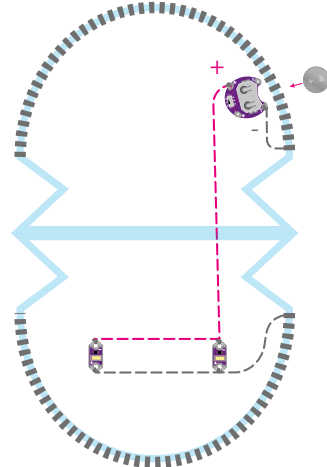
### VALAISEVA KORI

Korissa on käytetty itse tehtyä painokytkintä, joka on sijoitettu korin sisäpuolelle pohjakappaleiden väliin. Kytkimessä on kaksi palaa sähköä johtavaa kangasta ja sen välissä on ohut vanu, johon on tehty pitkiä reikiä. Vanu pitää sähköä johtavat kankaat erillään. Kun koriin laitetaan tavaroita, se painuu ja kankaat koskettavat reikäkohdista toisiaan. Sisäpohja on kiinnitetty vain yhdeltä sivulta, jotta pariston vaihto onnistuu.



### VALAISEVA MEIKKIPUSSI

Pussukassa on käytetty kytkimenä vetoketjua. Virtapiirin katkaisu on sijoitettu vetoketjun alkupäähän siten, että kun vetoketjun vetää auki - virtapiiri menee kiinni ja ledit syttyvät. Sähköä johtava lanka osuu vetimeen ja se sulkee virtapiirin. Paristopidin on sijoitettu vuorin ja päällykankaan väliin, tarranauhalla suljettavaan aukkoon.





## VIANETSINTÄ

Mitä tehdä, jos projekti ei toimi? Usein mikään projekti ei toimi heti ja silloin on hyvä tarkistaa työ huolellisesti kohta kohdalta. Tarkista aina ensin elektroniikka.

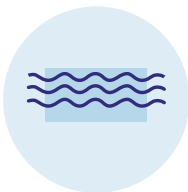
### LED EI SYTY OLLENKAAN

1. Katsotaan kytkennät
  - mm. onhan plus- ja miinusnavat kytketty oikein ja langat kiinnitetty hyvin
2. Tarkistetaan onko paristossa virtaa
  - esim. 3V paristo voi loppua yllättävänkin nopeasti

### LED SYTTY AJOITTAIN TAI VILKKUU

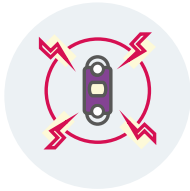
Tällöin vika liittyy yleisimmin sähköä johtavaan lankaan. Tarkistetaan, että:

1. Langanpäät eivät ole päättelyn solmukohdissa liian pitkät
  - solmut voi viimeistellä pikaliimalla tai kynsilakalla, jotta ne eivät purkaannu
2. Ompeleet eivät ole päällekkäin ja langat vastaa toisiaan
3. Ei ole lankalenkkejä
4. Lanka on aina katkaistu komponentin kytkentärenkaaseen, eikä ommeltu esimerkiksi komponentin yli tai ali
5. Mistään ei ole purkaantunut tai löystynyt sähköjohtavaa lankaa
6. Sähköjohtavalla langalla on tarpeeksi osumispinta-alaa kytkentärenkasiin, jotta sähkö pääsee johtumaan
7. Työssä ei ole muita sähköjohtavia materiaaleja, jotka voivat vastata virtapiiriin



## PESTÄVYYS

Useimmat ommeltavat komponentit ovat käsinpesun kestäviä. Virtalähde sen sijaan ei kestä pesua, joten se tulee ehdottomasti poistaa ennen e-tekstiilin kastelua. Noudata valmistajan antamia pesuohjeita ja suosituksia. Oman kokemukseni mukaan, virtapiiriä voi vahingoittaa kova hankaaminen, mutta muuten kestää pesua hyvin.



## TURVALLISUUS

Elektronisten tekstiilien toteuttamisessa työskennellään sähkön kanssa, joten erityistä huomiota tulee kiinnittää sähkölaitteiden huolelliseen käsittelyyn. Virta on kytkettävä pois päältä aina, kun niitä rakennetaan, ohjelmoidaan tai kun ne eivät ole käytössä. Noudata aina laitevalmistajan ohjeita. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) asiantuntijan mukaan tässä oppaassa käsiteltävien laitteiden käyttö aiheuttaa harvoin vaaratilanteita. Suurempi vaara liittyy nappiparistoihin ja niiden joutumiseen lasten käsiin. Tästä syystä paristot tulee aina säilyttää lasten ulottumattomissa ja varmistaa paristopidikkeen paikka siten, että lapset eivät pääse paristoihin käsiksi (TUKES, 2021).

Pidemmässä säilytyksessä työstä tulee poistaa paristot ja asetella teos siten, että oikosulun mahdollisuutta ei ole. Oikosulut voivat aiheuttaa laitteiden rikkoutumisen tai pahimmillaan tulipalon. Oikosulussa pariston navat yhdistyvät suoraan toisiinsa ja se voi kuumentua. Paristojen napojen päälle voi laittaa palan teippiä. E-tekstiileissä käytetään usein sähköä johtavaa lankaa, jossa ei lähtökohtaisesti ole eristävää kerrosta päällä. Tällöin pariston navat yhdistyvät haitallisesti, jos langat koskettavat toisiaan.

Tämän oppimateriaalin tarkoitus on johdattaa elektronisten tekstiilien tekemiseen ja ohjeet on tarkoitettu väliaikaisten kytkentöjen tekemiseen ja protojen toteuttamiseen. Lukija toteuttaa kytkennät aina omalla vastuullaan. Kirjoittaja ei ota vastuuta mahdollisista vahingoista. Kokeilut tulee tehdä aina huolella. Mikäli kytkennässä ilmenee jotain epäilyttävää, kuten ylikuumentumista, poista heti paristo ja pura kytkentä.



## KESTÄVYYS JA EETTISYYS

Olipa projektisi miten yksinkertainen tahansa, huomioi suunnittelussa tuotteen kierrätettävyys. Suunnittelijan pöydältä lähtee myös elinkaariajattelu. Paristojen kierrätyksen lisäksi näistä hybridituotteista on irrotettava sähköä johtava, metallista valmistettu lanka ja muut elektroniset komponentit ennen kuin se voidaan kierrättää tekstiilimateriaalina. E-tekstiileihin liittyy, kuten kaikkiin tuotteisiin, elinkaariajattelu, sisältäen mm. kestävänsä kehityksen mukaisen tuotannon ja kierrätettävyyden. Ympäristönäkökulman lisäksi elektroniikan integroiminen tuotteisiin nostaa eettisiä ja yhteiskunnallisia kysymyksiä liittyen mm. tiedonkeräykseen, yksityisyyden suojaan, työllistämiseen, hankintaketjuun jne. Näitä on hyvä pohtia omassa suunnittelussaan.



## LÄHTEET

Buechley, L., Pepler, K., Eisenberg, M. & Kafai, Y. (toim.) (2013). *Textile Messages: Dispatches From the World of E-Textiles and Education*. Peter Lang Inc., International Academic Publishers; First edition (September 4, 2013)

Harjuniemi, E. & Pyrstöjärvi, P. (2020). *Arktiset e-tekstiilit : johdatus elektronisten tekstiilien suunnitteluun ja valmistusprosessiin*.

<https://lauda.ulapland.fi/handle/10024/64419>

History of Computers (2019). *The Analytical Engine of Charles Babbage*.

<http://history-computer.com/Babbage/AnalyticalEngine.html> Päivitetty 13.2.2019

Orth Maggie, 2013. *Adventures in Electronic Textiles*. Teoksessa Buechley, L., Pepler, K., Eisenberg, M. & Kafai, Y. (toim.) *Textile Messages: dispatches from the world of E-textiles and education*. Yhdysvallat 2013.

Pradthana Jarusriboonchai, Harjuniemi, E., Müller, H., Colley, A. & Häkkinen, J., (2019). *Linn Dress: Enabling a Dynamically Adjustable Neckline*. Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers. New York, NY, USA. ACM SIGCHI. 274-278. ISBN 978-1-4503-6870-4

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), asiantuntija Seppo Niemi. Sähköposti 27.9.2021.

## LUE LISÄÄ

### LISÄMATERIAALIT

Tämän oppaan lisämateriaalit löytyvät:

[etekstiilit.com/oppaan-lisamateriaalit](http://etekstiilit.com/oppaan-lisamateriaalit)

Salasana: e-tekstiiliopas

Pääset sivulle myös skannaamalla viereisen QR-koodin.



### PINTEREST-TAULU

Katso myös Pinterestistä minun kokoama taulu, johon olen kerännyt esimerkkejä ohjelmoimattomista e-tekstiileistä:

[pin.it/mLUMH5o](https://pin.it/mLUMH5o)

Pääset tauluun myös skannaamalla viereisen QR-koodin.





## **Käsityöt + teknologia = elektroniset tekstiilit**

Tämä opas johdattaa ohjelmoimattomien elektronisten tekstiilien maailmaan. Teoksen myötä tutut materiaalit ja tarvikkeet saavat uudenlaisia toimintoja: sähköä johtuu kankaita ja lankoja pitkin, ja kytkiminä käytetään mm. vetoketjuja sekä painonappeja. Esimerkkien avulla voi inspiroitua tekemään omia kytkimiä ja e-tekstiiliprojekteja. E-tekstiilit ovat ennen kaikkea älykkäitä ratkaisuja sisustuselementeissä, vaatteissa ja asusteissa.

E-tekstiilien suunnittelun ja valmistamisen avulla voidaan madaltaa teknologiaoppimisen kynnystä. Se tarkoittaa, että yhä teknologisoituvassa elinympäristössämme, emme vain jäisi teknologian ympäröimiksi, vaan kokeilisimme rohkeasti miten eri teknologioita voi ottaa haltuun.



ISBN 978-952-94-6479-1