



Co-funded by  
the European Union

# Lehe struktuuri ja funktsiooni mõistmine valguse mõjul



**BIOS4YOU**  
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS  
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Co-funded by  
the European Union

# SISUKORD

## Üldine teave

## Pedagoogiline kirjeldus

## Tehniline kirjeldus



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

# Sissejuhatus

See harjutus tutvustab õpilastele taimebioloogia põnevat maailma, uurides lehtede struktuuri ja funktsiooni, pöörates erilist tähelepanu sellele, kuidas nad valgusega suhtlevad. Lehed on taimede ellujäämiseks üliolulised ja mängivad olulist rolli fotosünteesis – protsessis, mis muundab valgusenergia keemiliseks energiaks, soodustades taimede kasvu ja arengut. Arusaamine sellest, kuidas lehed on üles ehitatud valguse neeldumise maksimeerimiseks, võib inspireerida uuendusi taastuvenergia tehnoloogiates, näiteks bioloogiliselt inspireeritud päikesepaneelide ja energiatõhusate materjalide valdkonnas.

Selle harjutuse käigus visualiseerivad õpilased liitreaalsuse (AR) tehnoloogia abil lehe, õhulõhede, kloroplastide ja juhtkoe mikroskoopilisi struktuure ning jälgivad, kuidas need struktuurid fotosünteesi soodustavad. Nad analüüsivad, kuidas erinevad lehekujud ja omadused mõjutavad valguse neeldumist ja efektiivsust, ning uurivad, kuidas neid looduslike protsesse saab inimese loodud tehnoloogiates jäljendada.

Selle ülesande lõpuks on õpilastel sügavam arusaam lehtede anatoomiast ja selle olulisest rollist energia tootmisel ning nad hindavad, kuidas biomimikri abil saab leida jätkusuutlikumaid disainilahendusi. See tegevus on loodud uudishimu, kriitilise mõtlemise ja loovuse edendamiseks, võimaldades õpilastel uurida looduslike protsesside reaalseid rakendusi taastuvenergia valdkonnas.

See dokument koosneb järgmistest punktidest:

- Teave AR-tehnoloogia kohta
- Kuidas malli abil AR-harjutust defineerida:
  - o Üldine teave
  - o Pedagoogilised spetsifikatsioonid
  - o Tehnilised andmed





# Üldine teave

## Harjutuse nimi:

Lehtede struktuuri ja funktsiooni mõistmine valguse käes

*See harjutus võimaldab õpilastel uurida lehestruktuuri ja valguse neeldumise vahelist keerukat seost, kasutades liitreaalsust, et visualiseerida ja analüüsida, kuidas taimed fotosünteesiks energiat kogumist optimeerivad.*

## Kirjeldus harjutused:

Selle harjutuse eesmärk on õpetada õpilastele, kuidas taimelehed valgusega suhtlevad, keskendudes nende struktuurile ja fotosünteesi toetavatele funktsioonidele. Liitreaalsuse (AR) abil suhtlevad õpilased lehtede anatoomia 3D-mudelitega, jälgivad, kuidas valgus mõjutab nende struktuuri ja võrdlevad selle mõju fotosünteesi efektiivsusele. Harjutus on ehitatud järgmiselt:

- **Uurimine:** Lehtede struktuuri uurimine liitreaalsuse abil, keskendudes võtmekomponentidele nagu õhulõhed, kloroplastid ja sooned.
- **Analüüs:** Erinevate lehtede struktuuride mõju valguse neeldumisele ja fotosünteesile.
- **Kujundusülesanne:** Ajurünnak selle kohta, kuidas lehtedest inspireeritud kujundused saaksid parandada energiatõhusust või päikeseenergia tehnoloogiaid.

## Osalejad:

Harjutus on mõeldud individuaalselt õppivatele õpilastele või väikestele gruppidele (3-5 liiget), et soodustada koostööd õppimises ja arutelus. Innovatiivsete rakenduste ajurünnaku on eelistatud rühmatöö.

## Osalejate vanusevahemik:

Vähemalt 15-aastane

Põhiteadmised **füüsika, keemia ja bioloogia** on vajalik adhesioonimehhanismide mõistmiseks.





STEM-aine ja  
konkreetne teema:

STEM-aine: Bioloogia ja keskkonnateadus

*Konkreetne teema:* Lehe struktuur, fotosüntees ja bioinspireeritud disain

*Teema peamine väljakutse (stressirohke aspekt):*

Lehtede keeruka struktuuri ja nende funktsioonide mõistmine valguse käes võib olla keeruline, sest fotosünteesi ja valguse neeldumise mehhanismid toimuvad mikroskoopilisel tasandil, mida palja silmaga nähtamatuks.

*Kuidas AR aitab kontseptsiooni lihtsustada:*

- Interaktiivsed 3D-mudelid võimaldavad õpilastel uurida lehtede anatoomiat, sh õhulõhesid, kloroplaste ja sooni, et mõista, kuidas valgus neeldub ja kasutatakse.
- AR-animatsioonid demonstreerivad, kuidas valgus lehe eri osadega suhtleb ja millist rolli struktuur fotosünteesis mängib.

*Pedagoogiline eesmärk (õpiväljundid):*

Selle harjutuse lõpuks peaksid õpilased oskama:

1. Selgita, kuidas erinevad lehtede struktuurid mõjutavad valguse neeldumist ja fotosünteesi.
2. Mõista lehe anatoomia ja fotosünteesi efektiivsuse vahelist seost.
3. Rakenda biomimeetilisi põhimõtteid, et pakkuda väljund lehtedest inspireeritud disainilahendusi (nt päikesepatareid, energiatõhusad materjalid).

Mängustamise  
protsess:

- **Väljakutsetel põhinev õpe:** Õpilased lahendavad reaalsed väljakutsed, näiteks kujundavad valguse neeldumise põhimõtteid kasutades lehtedest inspireeritud päikesepaneeli.
- **Punktid ja märgid:** Osade (uurimine, analüüs, kavandamine) läbimise eest teenivad õpilased punkte.
- **Rollimäng:** Tudengid tegutsevad bioinseneridena, lahendades energiatõhususe ja päikeseenergiatehnoloogiatega seotud probleeme.





Laiendatud teabe  
kirjalik või graafiline  
kirjeldus:

Selles harjutuses kasutatakse liitreaalsust (AR), et uurida ja visualiseerida lehtede keerulisi struktuure ja nende funktsioone valguse neeldumisel. AR-kogemus hõlmab järgmist:

1. **Interaktiivsed 3D-mudelid:**

Õpilased saavad lehtede struktuuride, sh õhulõhede, kloroplastide ja soonte detailseid 3D-mudeleid suures pöörata ja nendega suhelda. See võimaldab põhjalikult mõista lehtede anatoomiat ja seda, kuidas need struktuurid fotosünteesi soodustavad.

2. **Tekstikihid ja hüpikakende selgitused:**

Kui õpilased mudeleid uurivad, pakuvad hüpikaknad selgitusi iga struktuuri põhifunktsioonide kohta. Näiteks selgitab AR, kuidas **kloroplastid** kuidas nad neelavad valgust fotosünteesiks, kuidas **õhulõhed** reguleerida gaasivahetust ja kuidas **veenid** transportida vett ja toitaineid.

3. **Fotosünteesi animatsioonid:**

Samm-sammult animatsioonid näitavad fotosünteesi protsessi toimimist, aidates õpilastel visualiseerida, kuidas kloroplastid valgusenergiat püüavad ja keemiliseks energiaks muundavad.

4. **Võrdlevad AR-mudelid:**

Õpilased saavad võrrelda erinevaid leheststruktuure, näiteks lai lehti vs. nõeljaid lehti, et mõista, kuidas iga tüüp kohaneb erinevate valgustingimustega. Nad saavad mudeleid pöörata, et näha, kuidas valgus erinevate pindadega suhtleb ja kuidas lehe kuju mõjutab valguse neeldumist.

5. **Edusammude jälgimine:**

Visuaalne edenemise jälgimine juhendab õpilasi harjutuse etappides, alates lehe anatoomia mõistmisest kuni struktuuri mõju fotosünteesi efektiivsusele analüüsimiseni. Kui õpilased osad läbivad, teenivad punkte ja märke, mis hoiavad neid kaasatuna ja annavad tagasisidet nende õppimise edenemise kohta.

6. **Reaalse maailma rakendused:**

AR-kogemus sisaldab ka jaotist teemal **biomimeetiline disain**, kus õpilased saavad uurida, kuidas lehtede struktuurid inspireerivad päikeseenergia tehnoloogiate uuendusi, näiteks päikesepaneeli, mis on loodud jäljendama lehtede efektiivsust päikesevalguse püüdmisel.





Vajalikud on  
välised (või  
lisa)tööriistad

Selle harjutuse ja selle liitreaalsuse (AR) funktsioonide edukas kasutamiseks on vaja järgmisi tööriistu ja materjale:

1. **AR-ühilduvad seadmed:**

- o **Nutitelefonid** või **tabletid** (kaamera ja güroskoop AR-funktsioonide jaoks).
- o Teise võimalusena, **AR-prillid** saab kasutada kaasahaaravama kogemuse saamiseks.
- o Seadmed peaksid töötama **iOS** või **Android** operatsioonisüsteemidega, koos **Delightexi rakendus** AR-sisule juurdepääs installitud.

2. **QR-koodid või trükitud AR-märgised:**

- o **QR-koodid** või **trükitud AR-markerid** AR-mudel aktiveerimiseks võib vaja minna. Need antakse harjutuse sees, et juhendada õpilasi õige sisu

3. **Internetiühendus:**

- o Tall **internetiühendus** on vajalik AR-sisu laadimiseks ja sellega suhtlemiseks Delightexi platvormi kaudu.

4. **Prinditavad töölehed (valikuline):**

- o Õpilased vajavad **töölehed** oma tähelepaneku dokumenteerima, bioloogilistest allikatest inspireeritud kujundusi visandama ja harjutuse käigus õpitud kontseptsioonide üle mõtisklemiseks

5. **Reaalse maailma testimismaterjalid (valikuline):**

- o Valguse neeldumise ja lehtede struktuuri võrdluse uuringu jaoks võivad õpilased kasutada selliseid materjale nagu **erineva tekstuuriga pinnad** (nt klaas, plastik, paber, kangas), et simuleerida reaalseid keskkondi ja testida valguse neeldumist enne AR-mudelitega suhtlemist.

6. **Välised videod/ressursid (valikuline):**

- o Juurdepääs täiendavatele **õppevideod** või fotosünteesi, lehtede struktuuri ja biomimikri (nt YouTube'i videod fotosünteesi või bioinspireeritud tehnoloogiate kohta) võivad arusaamist parandada.





Co-funded by  
the European Union

Lingid (videod,  
pildid, tekst veebis  
jne).

Video: Reisimine sügaval lehe sees

Link: <https://youtu.be/pwymX2LxnQs?si=BpNlesv4bJ5D4lu>

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."



# Pedagoogilised spetsifikatsioonid

Siia kogume teavet selle kohta, kuidas harjutust kasutada õppimisesessioon ning selle kasutamise tulemused ja eelised pedagoogilisest vaatenurgast.

[Kuidas saab seda täiendatud teavet kasutada STEAM-i probleemi lahendamiseks? teema õpilastele huvitaval viisil?](#)

## Interaktiivsed 3D-mudelid

### Eesmärk:

Aidata õpilastel visualiseerida ja uurida lehe struktuuri detailseid 3D-mudeleid ning mõista, kuidas need struktuurid toetavad valguse neeldumist ja fotosünteesi.

### Kasutus:

Õpilased saavad suumida, pöörata ja uurida lehe pinda ja sisemist ehitust, sealhulgas õhulõhesid, kloroplaste ja soonkonda. Puudutades konkreetseid osi (nt kloroplastid, mesofüllirakud või juhtkoed), käivituvad animatsioonid, mis näitavad, kuidas valgus tungib lehte ja kuidas need struktuurid koos muudavad valgusenergia keemiliseks energiaks. Interaktiivsed kihid selgitavad olulisi mõisteid, nagu valguse neeldumine, gaasivahetus ja klorofüll roll, muutes õppimise selgeks ja kaasahaaravaks.

## Interaktiivsed nupud

### Eesmärk:

Võimaldada õpilastel aktiivselt suhelda AR-mudelitega, et paremini mõista valguse neeldumise ja fotosünteesi mehhanisme raku tasandil.

### Kasutus:

Õpilased saavad puudutada esile tõstetud alasid, et avada hüpikselgitusi ja animatsioone, mis näitavad olulisi bioloogilisi protsesse, näiteks kuidas kloroplastid neelavad footoneid või kuidas õhulõhed reguleerivad gaasivahetust. Nuppude abil saavad nad võrrelda erinevate keskkondade lehti (nt varjus kasvavad vs päikesele avatud lehed), et näha, kuidas struktuur mõjutab valguse kasutamise tõhusust.

Edusammude jälgimine tagab, et õpilased liiguvad õppimise etappides süsteemselt — alates anatoomia vaatlemisest kuni protsesside mõistmise ja lõpuks bioinspiratsioonil põhineva mõtlemiseni.





## Milliseid pedagoogilisi eesmärke selle stsenaariumi kaudu käsitletakse?

### Võimalik tunnikava

#### Sissejuhatus (5–7 min)

**Eesmärk:** Tutvustada lehe struktuuri ja valguse vahelist seost.

Alusta küsimusega: „Miks on mõned lehed õhukesed ja laiad, samas kui teised on väikesed või nõelakujulised?“

Näita lühikest videot (nt *Travel Deep Inside a Leaf – Annotated Version*).

Arutle, kuidas taimed kasutavad valgust energia saamiseks ja kuidas lehe ehitus on kohandunud erinevate keskkondadega.

#### Põhitegevus – AR-harjutus (30–35 min)

**Lehe struktuuri ja valguse koostoime uurimine AR-i abil**

#### AR-mudeli kasutamine (10–15 min):

Õpilased skaneerivad QR-koodi või avavad Delightex AR-rakenduse, et uurida lehe anatoomia 3D-mudeleid.

#### Praktiline uurimine:

Pööravad ja suumivad mikroskoopilisi lehestrukture.

Puudutavad elemente, et näha selgitusi (nt „Kuidas kloroplastid neelavad valgusenergiat“).

Jälgivad, kuidas erinevad lehe osad aitavad kaasa fotosünteesile ja gaasivahetusele.

#### Juhendatud õpitegevused (10–15 min):

Vaatavad samm-sammulist AR-animatsiooni, mis näitab, kuidas valgus liigub läbi lehe ja kuidas kloroplastid muudavad selle energiaks.

Viivad läbi virtuaalse katse, võrreldes erinevate lehekujudega valguse neeldumist.

#### Mänguline väljakutse:

„Loo bioinspireeritud energiapind“ — õpilased disainivad lehe valguse kogumise efektiivsuse põhjal energiatõhusa lahenduse.

#### Kokkuvõte ja arutelu (10–15 min)

**Eesmärk:** Kinnistada õpitut arutelu ja refleksiooni kaudu.

Kuva AR-kogemus ühisel ekraanil ja arutle:

Mis oli kõige üllatavam asi, mida õppisid lehe struktuuri kohta?

Kuidas aitab lehe mikroskoopiline ehitus valgust paremini kasutada?

#### Refleksiooniülesanne:

Kirjuta lühike vastus:

„Kuidas võiks lehe struktuur inspireerida tehnoloogiaid, mis parandavad valguse kogumist või energiatõhusust?“

Lõpeta aruteluga bioinspiratsioonist ja sellest, kuidas looduse uurimine aitab luua jätkusuutlikke tehnoloogilisi lahendusi.





## Milliseid tulemusi on oodata selle kasutamisel?

### **Sügavam arusaam lehe ehitusest ja fotosünteesi mehhanismidest**

Õpilased arendavad sügavat arusaamist sellest, kuidas lehe anatoomia toetab fotosünteesi ja valguse neeldumist. Interaktiivsete 3D AR-mudelite abil visualiseerivad nad, kuidas kloroplastid, õhulõhed ja juhtkoed koos muudavad valgusenergia keemiliseks energiaks. See kogemus aitab siduda mikroskoopilised bioloogilised protsessid taimede üldise toimimisega ning tugevdab teoreetilisi teadmisi praktilise uurimise kaudu.

### **Suurenenud kaasatus ja huvi bioloogia ning STEAM-valdkondade vastu**

AR-harjutuse interaktiivne ja avastuslik iseloom suurendab õpilaste huvi ja motivatsiooni bioloogia, keskkonnateaduse ja jätkusuutliku tehnoloogia vastu. Muutes keerulise teema, nagu fotosüntees ja energia muundamine, visuaalselt kaasahaaravaks kogemuseks, kujuneb õpilastel positiivsem suhtumine teaduslikku uurimisse ja bioinspiratsiooni. Samuti mõistavad nad paremini taimede põhimõtete rakendusi taastuvenergiast ja ökoloogilises disainis.

### **Paranenud põhimõtete meeldejätmine ja taastamine**

Animatsioonide, interaktiivsete mudelite ja mänguliste elementide kombinatsioon aitab paremini meelde jätta olulisi mõisteid, nagu valguse neeldumine, fotosüntees ja lehe struktuurid kohastumused. Mitmemeeleline õppimine, mis ühendab visuaalse, praktilise ja uurimusliku lähenemise, toetab pikaajalist arusaamist, sidudes teooria konkreetsete näidetega.

### **Suurem enesekindlus bioinspiratsiooni ja keskkonnarakenduste selgitamisel**

AR-keskkonnas õppides ja juhendatud ülesandeid täites kasvab õpilaste enesekindlus bioloogiliste protsesside selgitamisel ning nende seostamisel päriseluliste jätkusuutlikkuse probleemidega. Õpilased suudavad paremini arutleda, kuidas lehe ehitus võib inspireerida lahendusi päikeseenergia, arhitektuuri ja materjaliteaduse valdkonnas. See aitab mõista biomimeetika rolli jätkusuutlikus arengus.



## Tehnilised spetsifikatsioonid

### AR-INFORMATSIOON

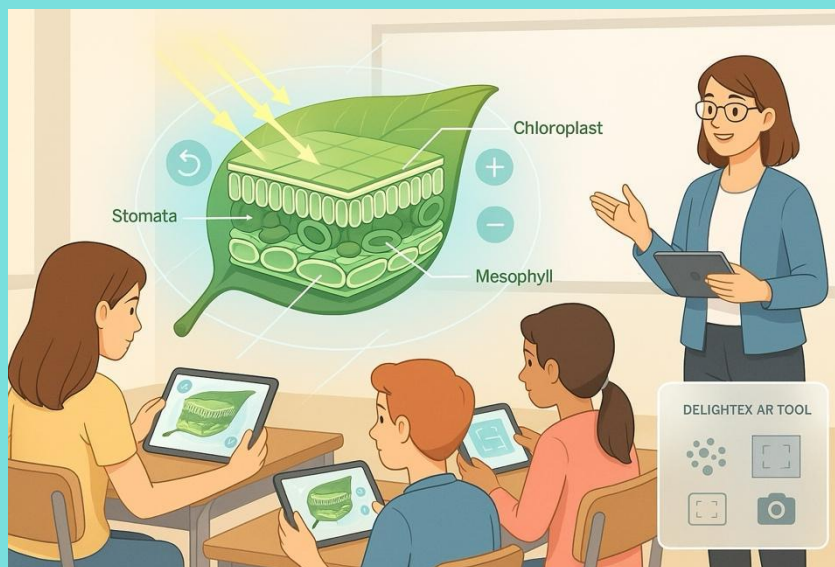
Tehnoloogia

Kui on vaja  
markerit, siis  
markeri kirjeldus

Vajalik riist- ja  
tarkvara:

Laiendatud  
andmete tüüp

**Markerita AR** (trükitud markerit pole vaja).



**Riistvara:** Arvuti, nutitelefon, tahvelarvuti (AR-sisu kasutamiseks), kaamera (AR-funktsionaalsuse jaoks), güroskoop (AR-jälgimiseks mobiilseadmetes).

**Tarkvara:** See **DelightexAR** veebipõhine vaatur või mobiilirakendus, mis ühildub mõlemaga **iOS** ja **Android**.

- **3D-mudelid** lehtede anatoomia (sh pind, õhulõhed, sooned ja kloroplastid).
- Tekstihidiga **struktuuri funktsiooni selgitamine**.
- Animatsioonid **näitab, kuidas valgus fotosünteesi ajal leherakkudega interakteerub**.



## AR-andmete kirjalik kirjeldus

- Interaktiivsed elemendid **lehe suumimiseks, pööramiseks ja mikroskoopiliste tunnuste vaatlemiseks.**

Pärast liitreaalsuse kogemuse käivitamist näevad õpilased oma reaalsesse keskkonda projitseeritud lehe 3D-mudelit. Ilmub pealkiri „Lehe struktuuri ja funktsiooni mõistmine valguse all“, mis tutvustab õpikogemust..

Õpilased saavad 3D-mudeliga suhelda järgmiselt:

- Suumimine ja pööramine selliste struktuuride nagu õhulõhede, veenide ja kloroplastide vaatlemiseks.
- Märkmete ja selgituste käivitamiseks puudutage võtmealasid, sh:
  - o "Kuidas kloroplastid valgusenergiat püüavad?"
  - o "Milline on õhulõhede roll gaasivahetuses?"
  - o "Kuidas lehe struktuur fotosünteesi optimeerib?"

Navigeerimisnoolte abil muutuvad AR-stseenid, et kuvada lehe erinevaid kihte, alates välispinnast kuni sisemiste mesofüllirakkudeni. Iga stseen sisaldab animatsioone, mis illustreerivad, kuidas valgus lehte tungib ja kuidas energia fotosünteesi käigus muundub.

### Lisafunktsioonid:

- Animeeritud järjestus, mis näitab samm-sammult valguse neeldumise ja energia muundamise protsessi.
- Biomimeetilise disaini osa, kus õpilased saavad uurida, kuidas lehtedest inspireeritud põhimõtteid rakendatakse päikeseenergiast või arhitektuurilises disainis.
- Nupp „Tagasi algusesse“, mis võimaldab kasutajatel harjutuse varasemaid etappe lähtestada ja uuesti proovida.

## Stseen

Neli stseeni:

1. stseen: Lehepinna struktuur

Õpilased suhtlevad lehepinna 3D-mudeliga, uurides õhulõhesid ja epidermise rakke. Hüpikaknad selgitavad, kuidas õhulõhed reguleerivad gaasivahetust ja veekaotust.

2. stseen: Sisemise lehe anatoomia

3D-ristlõige paljastab sooni ja kloroplaste. Animatsioonid



Kui pilt

Kui tekst

Kui video

Kui heli

näitavad, kuidas valgus läbib lehte ning kuidas kloroplastid valgusenergiat püüavad ja muundavad.

### 3. stseen: fotosünteesi tegevuses

Interaktiivne animatsioon demonstreerib, kuidas neeldunud valgus kiirendab fotosünteesi ja energia muundamist. Õpilased saavad vaadata, kuidas keskkonnategurid (valguse intensiivsus, lehetüüp) mõjutavad efektiivsust.

### 4. stseen: Biomimeetilised rakendused

Õpilased avastavad, kuidas lehestruktuurid inspireerivad päikeseenergia tehnoloogiad ja energiatõhusaid disainilahendusi, kusjuures juhtuminäiteid kuvatakse liitreaalsuse hüpikakendena. Nupp „Tagasi algusesse” võimaldab taasesitust või ülevaatamist.

-

### Kuidas lehed valgust püüavad

Lehed sisaldavad kloroplasti, mis on täidetud klorofüllpigmentidega, mis neelavad päikesevalgust, käivitades fotosünteesi.

### Gaasivahetus õhulõhede kaudu

Pisikesed poorid, mida nimetatakse õhulõhedeks, avanevad ja sulguvad, et reguleerida süsihappegaasi tarbimist ja hapniku vabanemist.

### Fotosünteesi protsess

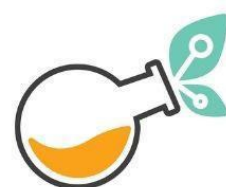
Valguse neeldumise kaudu muunduvad süsinikdioksiid ja vesi glükoosiks ja hapnikuks, mis soodustab taimede kasvu ja vabastab hapnikku keskkonda.

### Biomimeetilised rakendused

Teadlased uurivad lehtede pindu, et kujundada tõhusaid päikesepaneeli ja valgust neelavaid materjale, mis on inspireeritud looduse optimeerimisstrateegiatest.

-

-





Co-funded by  
the European Union

Kui 3D-mudel

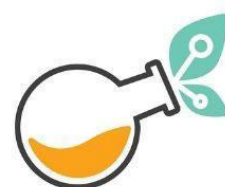


Delightex

<https://edu.delightex.com/HCE-UGN>

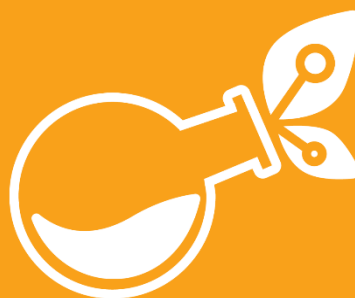
Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Co-funded by  
the European Union



# BIOS4YOU

## AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS  
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY