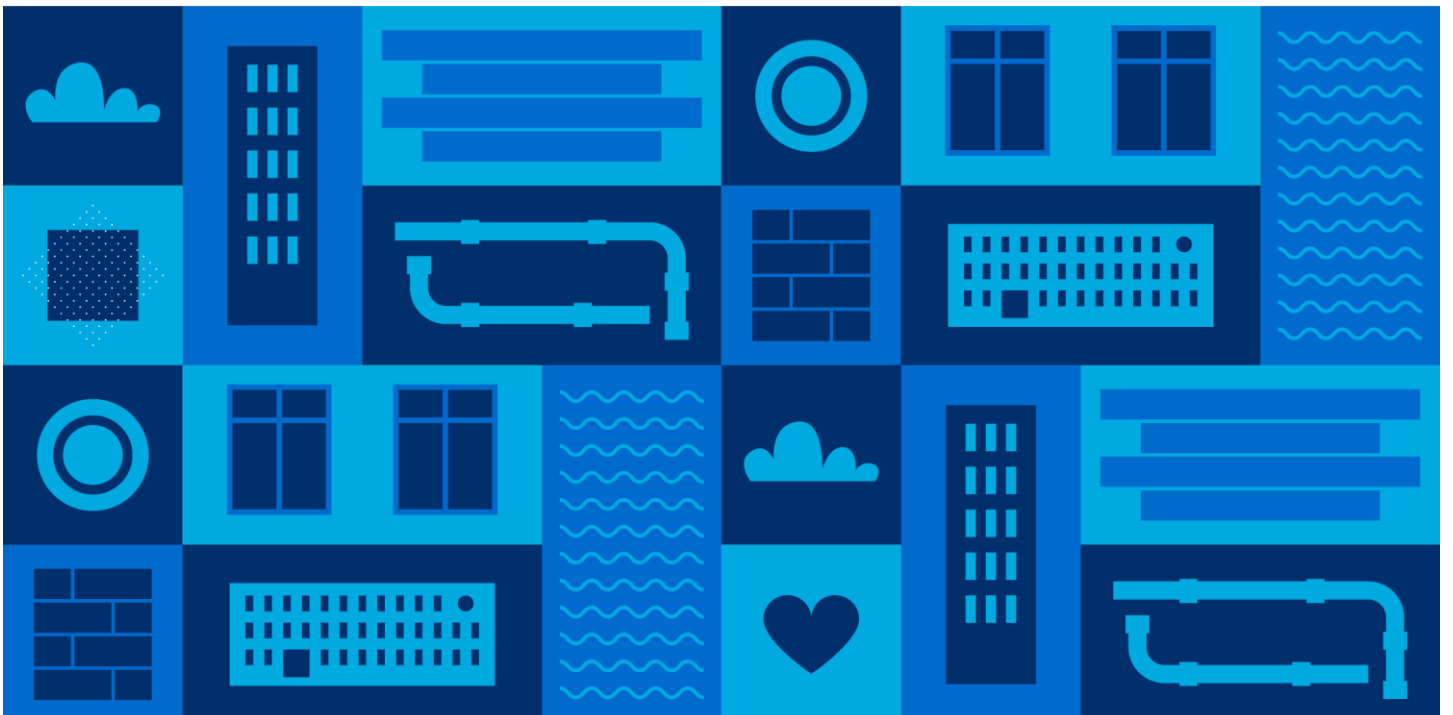




**TERVEET  
TILAT** 2028

**Rakennusfysiikan oppimateriaali  
insinöörikoulutuksen tarpeisiin -hanke  
Yhteenvetoraportti**



Terveet tilat 2028 -ohjelma  
Ympäristöministeriö

# Rakennusfysiikan oppimateriaali insinöörikoulutuksen tarpeisiin -hanke

## Yhteenvetoraportti

LAB-  
ammattikorkeakoulu

Oulun  
ammattikorkeakoulu

Lapin  
ammattikorkeakoulu

Karelia  
ammattikorkeakoulu

Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Savonia  
ammattikorkeakoulu

Jyväskylän  
ammattikorkeakoulu

Hämeen  
ammattikorkeakoulu

## Sisällysluettelo

1	Tausta.....	4
2	Hankkeen toteutus .....	5
3	Tuotettu oppimateriaali .....	7
4	Muut tulokset .....	10
5	Tulosten arviointi ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi .....	11

# 1 Tausta

Rakennusfysiikka on vakiintunut opetusala rakennusalan koulutuksessa. Se luo lähtökohdan rakennusvaipan osien suunnittelulle ja toteutukselle samaan tapaan kuin rakenteiden mekaniikka kantavien rakenteiden suunnittelulle ja toteutukselle. Rakennusfysiikan osaamista tarvitaan myös sisäilmaston olosuhteiden hallinnassa, työmaaolosuhteiden hallinnassa sekä korjausrakentamisessa. Rakennusfysiikassa tarkastellaan erityisesti rakennuksen ulkovaipan fysikaalista toimintaa. Merkittävimpänä painopistealueena on rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta.

Rakennusfysiikkaan luetaan Suomessa yleensä seuraavat osa-alueet:

- Lämpö
- Kosteus
- Ilmavirtaukset rakenteissa
- Ääni
- Sisäilman laatu

Rakennusfysiikassa luodaan teoreettinen pohja em. osa-alueiden tarkasteluun ja tutkitaan niihin liittyviä ilmiöitä. Rakennusfysiikan ymmärtäminen on lähtökohta talonrakennustekniikan, rakennetekniikan sekä osin myös geo- ja pohjarakennustekniikan hallintaan. Erityisesti korjausrakentamisen suunnittelussa ja toteutuksessa korostuu rakennusfysiikan osaamisen merkitys.

Rakennusala on kritisoitu rakennusten huonosta suunnittelusta ja toteutuksesta. Yhtenä osa-alueena on mainittu usein rakennusten kosteus- ja homevauriot. Jotta rakennusala toimivien rakennusfysikaalista osaamista saataisiin parannettua, on alan rakennusfysiikan koulutusta jatkuvasti kehitettävä yhdessä eri ammattikorkeakoulujen kanssa. Tätä kehitystyötä on aiemmin tehty vuosina 2001–2004 toteutuksessa RAFNET-hankkeessa, jossa usea ammattikorkeakoulu yhdessä tuotti kirjallista oppimateriaalia rakennusinsinöörinkoulutuksen tarpeisiin. Lisäksi ammattikorkeakoulut ovat tuottaneet yhteisiä ohjeellisia opetussuunnitelman rakennetekniikan opetuksen tarpeisiin vuosina 2007 ja 2017. Niissä on kuvattu rakennesuunnittelijoiden pätevyysvaatimuksiin liittyvien rakennusfysiikan opintojen osaamistavoitteet ja sisällöt sekä käytettävät oppimateriaalit. Tässä kehitystyössä on entistä enemmän otettava huomioon digitalisaation hyödyntämismahdollisuudet.

Viimeisimmän rakennusfysiikan ohjeellisen opetussuunnitelman laatimisen yhteydessä todettiin rakennusfysiikan oppimateriaalin päivittämistarve insinöörinkoulutuksen tarpeisiin. Tarvittavan oppimateriaalin tuottaminen päätettiin toteuttaa ammattikorkeakoulujen toteuttamana kehityshankkeena, jonka toteutukseen saatiin tarvittava rahoitus Ympäristöministeriön Terveet tilat 2028 -ohjelman hankerahoituksesta.

## 2 Hankkeen toteutus

Hankkeen päätavoitteena oli tuottaa opetusmateriaalia ammattikorkeakoulujen rakennusfysiikan insinööriopetuksen tarpeisiin. Tuotettava opiskelumateriaali koostuu kirjallisesta pdf-materiaalista, perusohjelmistoilla (Word, Excel, Powerpoint, Mathcad) tuotetusta, verkkojakeluun sopivasta oheismateriaalista sekä videomateriaalista. Tuotettava materiaali palvelee erityisesti vuonna 2017 laaditun rakennesuunnittelun ohjeellisen opetussuunnitelman mukaista 5 op:n laajuista rakennusfysiikan opintojaksoa, mutta sitä voidaan käyttää myös soveltuvin osin rakennusmestarikoulutuksessa, rakennusarkkitehtikoulutuksessa, rakentaminen ylemmän ammattikorkeakoulun opinnoissa ja rakennusalan ammatillisessa täydennys- ja pätevyitysmiskoulutuksessa.

Tuotettavan oppimateriaalin lähtökohtina olivat Suomessa viime vuosina tuotettu tutkimusaineisto, asetukset, viranomaisohjeistot sekä muut ohjeistot ja kirjallisuus, jotka liittyvät rakennusfysiikkaan. Lähtöaineiston pohjalta tuotettiin insinööriopiskelun rakennusfysiikan oppimääriin soveltuvaa materiaalia. Oppimateriaalit laadittiin niin, että niiden sisällöt ja osaamistavoitteet palvelevat suunnittelijoiden pätevyysvaatimukseen liittyvän 5 op:n laajuisen rakennusfysiikan opintojaksoa, jotka on kuvattu uudessa ammattikorkeakoulujen laatimassa yhteisessä rakennesuunnittelun ohjeellisessa opetussuunnitelmassa. Kyseinen opintojakso on osa lämpö- ja kosteustekniikan suunnittelijan vaativan luokan mukaisia opintoja.

Tavoitteena on myös luoda rakennusfysiikan opettajien pysyvä yhteistyöverkosto, joka tiivistää ammattikorkeakoulujen välistä yhteistyötä rakennusfysiikan opetuksessa ja tukee rakennusfysiikan opettajien päivittäistä opetustyötä.

Hanke toteutettiin yhteishankkeena usean eri ammattikorkeakoulun kanssa. Hankkeeseen osallistuivat LAB-ammattikorkeakoulu, Savonia ammattikorkeakoulu, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Karelia ammattikorkeakoulu, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Oulun ammattikorkeakoulu, Lapin ammattikorkeakoulu ja Hämeen ammattikorkeakoulu. Hankkeen rahoittajana on toiminut Ympäristöministeriö. Hanke on osa Terveet tilat 2028 -ohjelmaa.

Hanke toteutettiin viitenä työpakettina, joista vastasivat hankkeessa mukana olleet ammattikorkeakoulut seuraavasti:

1. Lämpö: Oulun ammattikorkeakoulu (OAMK) ja Lapin ammattikorkeakoulu.
2. Kosteus: LAB-ammattikorkeakoulu.
3. Virtaukset: Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK).
4. Sisäilma: Savonia ammattikorkeakoulu ja Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
5. Mittaukset: Karelia ammattikorkeakoulu ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (XAMK) .

LAB-ammattikorkeakoulu vastasi koko hankkeen koordinoinnista. LAB-ammattikorkeakoulu teki hankkeeseen osallistuvien ammattikorkeakoulujen kanssa yhteistyösopimuksen projektin työnjaosta.

Hanke käynnistyi 1.1. 2019 ja päättyi 15.6.2020.

Hanke eteni seuraavien päävaiheiden mukaisesti

1. Tuotettavan materiaalin rajausta ja sisältöjen määrittely sekä työnjaon tarkennettu sopiminen projektissa mukana olevien ammattikorkeakoulujen kanssa.
2. Uusien oppimateriaalien tuottaminen ja testaus sovitun työnjaon mukaisesti
3. Uusien oppimateriaalien käyttö ja testaus rakennusfysiikan opintojaksoissa.
4. Yleisarvio siitä, miten rakennusfysiikan opetusta tulisi kehittää ja miten sisältöjä sekä tavoitteita tulisi yhdenmukaistaa ammattikorkeakouluissa.

Hanketta ohjasi ohjausryhmä, jossa oli kunkin hankkeessa mukana olevan vastuutahon edustus sekä Ympäristöministeriön edustus. Oppimateriaalien tuottamisesta vastasivat mukana olleiden ammattikorkeakoulujen nimeämien rakennusfysiikan opettajien työryhmä seuraavasti:

- LAB: Timo Lehtoviita, Hanna Laakso, Jarno Rautiainen.
- OAMK ja Lapin amk: Sanna Alitalo.
- Savonia ja JAMK: Antti Kolari, Harry Dunkel, Jussi Korpinen.
- Karelia ja XAMK: Matti Korhonen, Petteri Härkönen, Jani Pitkänen.
- HAMK: Anssi Knuutila.
- Hankkeessa toimi ulkopuolisena asiantuntijana Pertti Kokki.

Hankkeen tuloksista laadittiin yhteenvetoraportti. Hankkeessa tuotettujen oppimateriaalien käyttöoikeudet jäävät kullekin mukana olevalle osapuolelle. Pdf-muotoinen perusopetusmateriaali jaetaan julkiseen käyttöön.

Hankkeen kustannusarvio oli 29 000 euroa.

Projektin koordinointiin ja yleiskuluihin varattiin 4 000 euroa. Varsinaisen oppimateriaalien tuottaminen toteutettiin viitenä työpakettina, kunkin työpaketin kustannus oli 5 000 euroa.

## 3 Tuotettu oppimateriaali

Laaditun oppimateriaalien yleisnimityksenä käytetään nimeä RAFNET 2020 -oppimateriaali.

Tuotetun oppimateriaalin laatimisen lähtökohdaksi asetettiin seuraavat peruskriteerit:

- Laadittu oppimisen näkökulmasta
- Jakelun on oltava pääosin mahdollista verkon kautta

Vaatimustaso vastaa ammattikorkeakoulun uusimman rakennesuunnittelun ohjeellisen opetussuunnitelman mukaista tasoa ja vastaa myös uusien pätevyysvaatimusten mukaisia vaativan luokan koulutusvaatimuksia lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun liittyvien rakennusfysiikan opintojen osalta

Materiaalin laadinnassa käytetään hyväksi tietokoneohjelmien mahdollisuudet havainnollistamisessa.

Oppimateriaalien tuottamisessa otettiin huomioon muu jo saatavilla oleva materiaali ja rakennusfysiikkaan liittyvät yleiset asetukset ja ohjeistukset.

RAFNET 2020 -oppimateriaali koostuu kirjallisesta teoriaosasta ja sähköisestä oheismateriaalista.

Teoriaosa jakautuu viiteen osioon:

V	Virtaukset
L	Lämpö
K	Kosteus
S	Sisäilma
M	Mittaukset

Teoriaosan osioissa V, L ja K tarkastellaan rakennusfysiikan perusteoriaita rakenteiden ja eri rakenneosien rakennusfysiikalisen toiminnan perusteita ja niihin liittyviä fysiikan perusilmiöitä lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun näkökulmasta. Apuna käytetään runsaasti kuvia ja laskentaesimerkkejä. Sisäilma-osiossa annetaan perustieto rakennuksen sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä ja sisäilmaston laatukriteereistä. Mittausosiossa tarkastellaan lämpöön ja kosteuteen sekä ilmavirtauksiin liittyviä mittauksia. Oppimateriaalin sisältö ja vaatimustaso on suunniteltu vastaamaan vaativan luokan mukaista insinööripintojen rakennusfysiikan perusjakson vaatimuksia (5 op). Vaadittava kokonaislaajuus saavutetaan teoriaosaan ja siihen liittyvään oheismate-

riaaliin pohjautuvilla harjoitustehtävillä ja tätä oppimateriaalia täydentävillä oppimateriaaleilla, jotka käsittelevät rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa, rakennusten kosteudenhallintaa hankkeen eri vaiheissa sekä äänitekniikan perusteita. Rakennusfysiikan teoriaopintojen osana on käsiteltävä myös Ympäristöministeriön laatimat asetukset ja ohjeistukset, jotka liittyvät rakennusten energiatehokkuuteen, rakennusten kosteustekniseen toimivuuteen ja rakennusten ääniympäristöön.

Teoriaosan osiot on tarkoitettu jaettavaksi julkisina pdf-muotoisina materiaaleina ympäristöministeriön valitsemalla jakelukanavalla. Teoriaosioiden lisäksi samalla julkisella kanavalla voidaan jakaa hankkeessa tuotetut lämpö-teoriaosioon ja kosteus-teoriaosioon liittyvät lisälaskentaesimerkit ratkaisuihin pdf-tiedostona sekä rakennusfysiikan lisälaskentaesimerkit excel-tilkkeinä, joiden avulla voidaan tutkia eri tekijöiden vaikutusta rakennusfysiikkaan ilmiöihin. Mittauksia käsittelevään teoriaosioon on linkitetty hankkeessa tuotetut mittausten opastusvideot.

Laadittu oheismateriaali koostuu erilaisista sähköisistä aineistoista, jotka on tarkoitettu rakennusfysiikan opettajien käyttöön. Aineisto koostuu lämpö- ja kosteusteemoihin liittyvistä laskentaesimerkeistä, erilaisista Excel- ja mathcad-laskentapohjista sekä rakennusfysiikan verkko-opetuksen toteutukseen liittyvistä aineistoista. Oheismateriaali jaetaan sopivien jakelukanavien kautta niitä tarvitseville, ensisijaisesti se on tarkoitettu ammattikorkeakoulujen rakennusfysiikan opettajille. Oheismateriaali koostuu seuraavista osioista:

- Lämpö- ja kosteusosioihin liittyvät lisälaskentaesimerkit mathcad-muodossa.
- Rakennusfysiikan yleisiä lisälaskentaesimerkkejä excel-muodossa.
- Rakennusfysiikan verkko-opiskelumateriaalien laadintaan liittyvät opastusvideot.
- Esimerkkikalvosarjat.

Oppimateriaali on laadittu siten, että sitä voi käyttää myös verkkopohjaisten rakennusfysiikan kurssien ja opintojaksojen oppimateriaalina. Sitä voidaan soveltaa myös rakennusfysiikan täydennyskoulutuksessa. RAFNET-materiaali ei ole varsinainen suunnitteluohje eikä määräyskokoelma. Se pyrkii auttamaan opiskelijaa ymmärtämään rakennusfysiikkaa ja soveltamaan sitä rakennusfysiikassa suunnittelussa ja rakenteiden toteutuksessa hyödyntäen Suomessa käytössä olevia rakennusfysiikkaan liittyviä asetuksia ja ohjeita.

Laadittu oppimateriaalin tavoitteena on antaa pohja rakenteiden rakennusfysiikkaan suunnitteluun ja toimivaan rakenteiden toteutukseen insinöörinkoulutuksessa. Oppimateriaalia voidaan käyttää soveltuvin osin myös rakennusmestari- ja rakennusarkkitehtikoulutuksen rakennusfysiikan opinnoissa.



Tuotetut materiaalit on koottu teams-ympäristöön hankkeen osapuolille ja ympäristöministeriölle. Taulukossa 1 on esitetty kooste tuotetusta materiaalista.

**Taulukko 1.** Kooste tuotetusta materiaalista.

<b>Materiaali</b>	<b>Päätuottaja</b>	<b>Julkaistaan julkisena aineistona jaettavaksi YM:n kanavissa</b>	<b>Julkaistaan sähköisenä aineistona erillisellä alustalla ensisijaisesti rakennusfysiikan opettajille</b>
Lämpö, teoria + peruslaskentaesimerkit	Oulun amk	pdf-moniste	
Lämpö, peruslaskenta-esimerkit + ratkaisut	Oulun amk		pdf-moniste
Kosteus, teoria + peruslaskentaesimerkit	LAB	pdf-moniste	
Kosteus, peruslaskenta-esimerkit + ratkaisut	LAB		pdf-moniste
Lämpö ja kosteus, lisälaskentaesimerkkiratkaisut	LAB ja OAMK	pdf-moniste	mathcad + pdf
Virtaukset, teoria + peruslaskentaesimerkit	HAMK	pdf-moniste	
Kosteus-lämpö-virtaukset Excel-laskentataulukot	LAB	excel	excel
Sisäilma, teoria	Savonia	pdf-moniste	
Rakennusfysikaaliset mittaukset, teoria	XAMK	pdf-moniste	
Rakennusfysikaaliset mittaukset, mittausten ohjeistusvideoesimerkit	Karelia		video (julkaistu youtube-kanavalla, linkitetty teoriaosioon)
Moodlen käytön ohjeistusvideot kysymyspankkien ja tenttien laadinnasta	XAMK		videolinkit youtubekanaavaan

## 4 Muut tulokset

Laadittujen oppimateriaalien lisäksi hankkeen tuloksena muodostui hankkeelle asetettujen tavoitteiden mukaisesti rakennusfysiikan opettajaverkosto, joka voi edelleen kehittää Suomessa rakennusfysiikan opetusta ammattikorkeakouluissa. Hanketyöskentelyn myötä kehitettiin opettajaverkoston yhteistyömuotoja ja sähköinen yhteistyöalusta Moodle-ympäristöön.

## 5 Tulosten arviointi ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi

Laaditut oppimateriaalit antavat hyvän pohjan ammattikorkeakoulujen rakennusinsinöörikoulutuksen 5 op:n laajuisen rakennusfysiikan opintojakson toteutukseen. Oppimateriaalien laadinnan peruslähtökohtana on ollut se, että merkittävä osa opintojakson toteutuksesta perustuu lähiopetustunteihin, joilla syvennetään ja pelkistetään opettajan johdolla teoreettisesti vaativia teemoja. Ne sopivat kuitenkin myös osaksi erilaisia opetus- ja oppimismenetelmiä, joita opettaja voi käyttää opintojakson toteutuksessa. Laadittu oppimateriaali ei kuitenkaan kata kaikkia edellä mainitun opintojakson sisältöjä ja teemoja, kuten äänitekniikan perusteita ja rakennusten kosteusteknistä toimivuutta ja kosteudenhallintaa. Näissä teemoissa voidaan opetuksen tukena käyttää teemoihin liittyviä Ympäristöministeriön ohjeistuksia, jotka on laadittu vastaavien asetusten tulkinnan tueksi.

Hankkeessa tuotetut oppimateriaalit vaativat jatkossa päivitystä ja täydennystä. Hankkeen tuloksena muodostuneen rakennusfysiikan opettajaverkoston on jatkettava tätä työtä yhdessä alan toimijoiden kanssa. Verkostoa on laajennettava kattamaan koko ammattikorkeakouluverkosto ja sen on jatkossa tehtävä enemmän yhteistyötä rakennusalan toimijoiden ja yliopistojen kanssa.

Ympäristöministeriön asetusten ja ohjeistuksien mukaisten suunnittelijoiden pätevyysvaatimusten mukaan lämpö -ja kosteusteknisen suunnittelijan vaativan luokan pätevyys edellyttää myös lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun lisäopintoja, jotka pohjautuvat edellä mainittuun 5 op:n laajuiseen rakennusfysiikan opintojaksoon. Näihin opintoihin liittyvää oppimateriaalia olisi myös vastaavasti kehitettävä yhteiseksi kokonaisuudeksi omana hankkeena yhteistyössä alan insinööritoimistojen ja yliopistojen kanssa.



VALTIONEUVOSTO  
STATSRÅDET

Valtioneuvoston kanslia

Statsrådets kansli

Opetus- ja kulttuuriministeriö

Undervisnings- och kulturministeriet

Sosiaali- ja terveysministeriö

Social- och hälsovårdsministeriet

Ympäristöministeriö

Miljöministeriet

