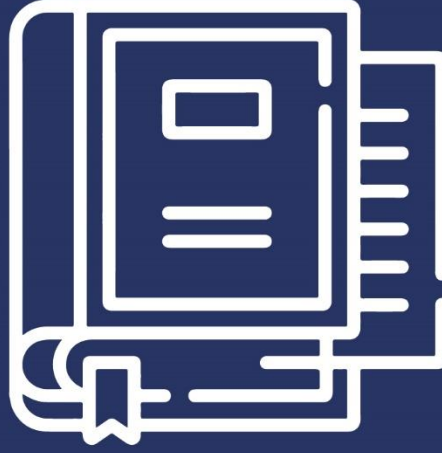


Address FOR FUTURE



WP3: Yeterlilik

Sonuç 2. Eklemeli İmalat Teknolojilerinin Üniversite Müfredatlarına Entegrasyonu

WP3 Lideri. GAZİ ÜNİVERSİTESİ (E10200512 - Türkiye)

Bu yayın Address for Future projesi, ERASMUS+ Programı Hibe Sözleşmesi Sözleşme Numarası - [2021-1-TR01-KA220-VET-000034888] için hazırlanmıştır. Erasmus+ Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir. Burada yer alan içerik yazarların görüşlerini yansıtmaktadır ve bu görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



İÇİNDEKİLER

1. Giriş
2. Kapsam
3. Amaç
4. Metodoloji
 - 4.1. AB Ülkelerindeki Mevcut Katmanlı İmalat Müfredatı
 - 4.2. Kurs Kimlik Belgesi (CID)
 - 4.3. Öğrenme çıktıları & Müfredatta AM Konuları
 - 4.4. Gap-fit-Analizi
 - 4.5. Modüler AM Müfredatı ve CID Hazırlığı
5. Yaygınlaştırma Faaliyetleri
6. Sonuçlar

1. GİRİŞ

Eklemeli imalat (AM) teknolojilerinin çeşitli sektörlerdeki öneminin giderek daha fazla farkına varılması, bu teknolojilerin eğitim müfredatına entegre edilmesine verilen önemin artmasına yol açmıştır. Avrupa'da bazı üniversiteler mühendislik, tasarım veya üretim programlarına eklemeli üretim dersleri veya modülleri eklemeye başlamıştır. Bu dersler genellikle eklemeli imalatın temelleri, 3D baskı teknolojileri, malzeme seçimi, tasarım hususları ve işlem sonrası teknikler gibi konuları kapsamaktadır. Ayrıca, bazı üniversiteler özellikle eklemeli imalata odaklanan özel programlar veya dereceler sunmaktadır.

Ayrıca, eklemeli imalat eğitimini geliştirmek için üniversiteler ve endüstri paydaşları arasında ortaklıklar kurulmuştur. Eklemeli imalat teknolojilerinde uzmanlaşmış şirketlerle yapılan işbirlikleri, öğrencilerin son teknoloji ekipmanlara, sektöre özgü vaka çalışmalarına ve gerçek dünya uygulamalarına erişimini sağlamaktadır. Bu endüstri-akademi işbirliği, eklemeli imalatta gerekli olan teorik bilgi ve pratik beceriler arasındaki boşluğu doldurmaya yardımcı olmaktadır.

Bununla birlikte, eklemeli imalatın eğitim müfredatına entegrasyonunun belirli bir kapsamının Avrupa ülkeleri ve kurumları arasında farklılık gösterebileceğini belirtmek önemlidir. Sektör talebi, devlet girişimleri ve araştırma işbirlikleri gibi faktörlere bağlı olarak bazı ülkeler diğerlerine kıyasla daha gelişmiş ve kapsamlı eklemeli imalat müfredatına sahip olabilir.

Üniversitelerin yanı sıra, eklemeli imalat alanında eğitim ve sertifika programları sunan özel eğitim kurumları da bulunmaktadır. Bu özel kurumlar genellikle daha uzmanlaşmış ve sektör odaklı eğitimler sunmaktadır. Özel eğitim sistemleri, eklemeli üretim için tasarım, malzemeler veya süreç optimizasyonu gibi eklemeli üretimin belirli yönlerine odaklanan daha küçük, uzmanlaşmış eğitim sağlayıcılarını da içerebilir.

ADdress for Future Projesi, AB'de AM Endüstrisinin Tanımlanması ve Analizi, Yeterlilik, Beceri Haritalama, Eğitim, Öğrenme Araçlarının Tasarımı, Eğitim Ağının Oluşturulması ve tabii ki yaygınlaştırma faaliyetleri de dahil olmak üzere birçok faaliyeti kapsamaktadır. Faaliyetlerin her biri, ADdress Projesi sonunda maksimum verimlilik ve faydaya ulaşmak için gerçekleştirilecek eylem listelerine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

Daha önce, AB ülkelerinin AM stratejileri, şirket envanterleri ve AM Ağı Anketi sonucu elde edilen veriler kullanılarak AB ülkelerindeki AM'ye genel bir bakış oluşturulmuştur.

Projenin WP3 olarak adlandırılan bu iş paketi (WP), AB ülkelerinin AM eğitim müfredatı açısından mevcut durumunu / yeterliliğini ve AM konusunda eğitim alacak bireyler için E-öğrenme platformuna uyarlanacak AM Müfredatının taslak bir versiyonunu önermeyi amaçlamaktadır.

Farklı AB ülkelerindeki ve farklı eğitim seviyelerindeki (teknik okullar, üniversiteler ve meslek okulları gibi) AM eğitim müfredatı, hem probleme dayalı hem de proje tabanlı pedagojiler kullanarak öğrencilere/eğitim katılımcılarına AM teknolojilerinin yeterliliklerini kazandırmalıdır. Şu anda, çoğunlukla lisans ve lisansüstü seviyelerde olmak üzere farklı eğitim seviyelerinde çok sayıda AM müfredatı öğretilmektedir.

Ancak, AM teknolojileri çok hızlı bir şekilde geliştiğinden ve öğretim yöntemleri geleneksel yöntemlerden dijital araçlara doğru değiştiğinden, mevcut AM müfredatı AM endüstrisinin ihtiyaçlarına ve teknolojik gelişmelere göre revize edilmeli ve geliştirilmelidir. COVID salgını da bu eğitimsel dönüşümü teşvik etmiştir.

Dijital platformlar ve e-öğrenme araçları, özellikle yüksek teknik eğitimlere ulaşmakta zorlanan kişiler için alternatif ve etkili bir öğrenme yolu haline gelmiştir. Dolayısıyla, AM konusunda bu kapsamda bütünsel bir içerik karşılaştırması (farklı malzemeler, tasarım ve üretim bölümleri ile) bulunmamaktadır. Eğitim kurumlarında mühendislik profesyonelleri sertifikalandırmaları için ücretli olarak sunulan veya mühendislik eğitimi sırasında verilen müfredatlara erişim sınırlı bir kapsamla ve ihtiyaç analizi ve geliştirmelerle sağlanmaktadır. Karşılaştırmalı olarak oluşturulacak müfredat, teknik içerik kapsamını ve doğrudan endüstriyel ürünlerin üretimine yönelik uygulamaları içermekte olup, müfredat içeriği açık kaynak olarak sunularak AB genelinde tüm üniversite eğitimcilerinin, öğrencilerin, sektör çalışanlarının ve AM ile ilgilenen herkesin coğrafi ve ekonomik engeller olmaksızın AM'ye ulaşması sağlanacaktır. Üretim dinamikleri, malzeme seçimi, tasarım yöntemleri, topolojik optimizasyon ile daha verimli tasarımlar, 3D yazıcı tipleri ve çalışma mekanizmaları gibi bir alanda genel bilgilerin verildiği kapsayıcı bir karşılaştırma daha önce oluşturulmamıştır.

Bu nedenle ADDRESS Projesi, üniversitelere, teknik okullara, sektör çalışanlarına ve AB genelinde AM ile ilgilenen herkese açık olacak AM teknik içeriğinin coğrafi ve ekonomik engeller olmaksızın AM'ye ulaşmasını kolaylaştıracaktır.

2. KAPSAM

Bu rapor, ADDRESS for Future Projesi'nin üçüncü iş paketinin (WP) çıktısıdır. AM alanında uluslararası karşılaştırmalı müfredat analizi ve AM teknolojilerinin üniversite müfredatına entegrasyonu, projenin bu iş paketinin iki ana faaliyetidir.

Bu WP3 için ana faaliyetler şunlardır;

1. AB ülkelerindeki üniversitelerde, enstitülerde ve yüksek öğrenim kurumlarında AM eğitimleri ve mevcut müfredatlar araştırılmıştır.
2. Müfredatların ve Kurs Kimlik Belgelerinin (Course Identification Document:CID) toplanması, AM kurslarının güncel konularını ve odak noktalarını belirlemek için kullanılmıştır.
3. Öğrenme çıktıları, AM kurslarının kritik sonuçlarıdır ve öğrenme çıktıları hem AM strateji raporundan hem de gap-fit-analizinden toplanır ve çıkarılır.
4. Gap-fit-Analizi, mevcut durum ile doldurulması gereken ihtiyacı karşılaştırmak için kullanılan bilimsel bir yöntemdir. Bu analiz de bu iş paketinde AM strateji raporu ve mevcut AM müfredatları değerlendirilerek gerçekleştirilmiştir. Gap-fit analizinin ana çıktısı, önerilen AM Müfredatında hangi öğrenme çıktılarının ve AM konularının olması gerektiğini belirlemektir.
5. Bu WP projesinin hedef kitlesi sadece üniversite öğrencileri değil, aynı zamanda AM konusunda eğitim almak ve AM endüstrisinde istihdam edilme şansı elde etmek isteyen NEET (ne eğitimde ne istihdam olan bireyler) öğrencilerdir.

Üniversitelerin yanı sıra, ADDRESS for Future Projesi'nin çıktılarından yararlanabilecek başka yararlanıcılar da bulunmaktadır.

Mesleki Eğitim Kurumları: Teknik ve endüstriyel becerilerin geliştirilmesine odaklanan mesleki eğitim kurumları, eğitim programlarını geliştirmek için AM müfredatını ve öğrenme çıktılarını kullanabilir. AM teknolojilerini ve bilgilerini kurslarına dahil ederek öğrencilerine güncel beceriler kazandırabilir ve onları AM endüstrisinde daha istihdam edilebilir hale getirebilirler.

Sektörler ve Şirketler: Eklemeli imalatla ilgilenen sektörler ve şirketler, bu alanda gerekli beceri ve yetkinlikler hakkında bilgi edinerek projenin çıktılarından faydalanabilir. Projenin müfredat analizi ve öğrenme çıktılarının belirlenmesi, şirketlerin eğitim programlarını ve işe alım stratejilerini istenen beceri setleriyle uyumlu hale getirmelerine yardımcı olabilir.

NEET'ler (Eğitimde, İstihdamda veya Eğitimde Olmayanlar): Daha önce de belirtildiği gibi, NEET'ler projenin belirli bir hedef kitlesidir. Proje, NEET'lere eklemeli imalat alanında eğitim fırsatları sunarak ilgili becerileri edinmelerini ve istihdam edilebilirliklerini artırmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Geliştirilen müfredat ve belirlenen öğrenme çıktıları, AM sektörüne girmek isteyen NEET'ler için değerli bir kaynak olarak hizmet edebilir.

Politika Yapıcılar ve Devlet Kurumları: Eğitim politikalarının ve işgücü geliştirme girişimlerinin şekillendirilmesinde rol alan politika yapıcılar ve devlet kurumları projenin bulgularından faydalanabilir. Müfredat analizi ve beceri eksikliklerinin belirlenmesi, politika kararlarına girdi teşkil edebilir ve AM eğitimini ve istihdam fırsatlarını teşvik etmek için stratejilerin geliştirilmesini destekleyebilir.

Eğitim Araştırmacıları ve Akademisyenler: Eğitim alanındaki, özellikle de teknik ve mesleki eğitim alanındaki araştırmacılar ve akademisyenler, projenin çıktılarını daha ileri çalışmalar ve analizler için kullanabilirler. Projenin karşılaştırmalı müfredat ve gap-fit analizi, AM teknolojilerinin eğitim sistemlerine entegrasyonu konusunda değerli içgörüler sağlamaktadır.

Genel olarak, Address for Future Projesi'nin faydalanıcıları üniversite gibi tek bir hedef kitlenin ötesine geçerek mesleki eğitim kurumlarını, endüstrileri, NEET'leri, politika yapıcıları, devlet kurumlarını ve eğitim araştırmacılarını kapsamaktadır. Projenin çıktıları, eklemeli imalat alanındaki beceri gereksinimlerini ve eğitim ihtiyaçlarını ele alarak çeşitli paydaşlara fayda sağlamayı amaçlamaktadır.

3. AMAÇ

Günümüzde AM teknolojisindeki uzmanlıklar, üniversite mezunları tarafından karşılanamayan güçlü bir talep yaratmıştır. Address for Future projesi kapsamında yapılan anket sonuçlarına göre "AM konusunda ne tür bir yatırım yapacaksınız?" sorusuna %46 ile en yüksek oranda oy alan yatırım kategorisi eğitim olarak belirlendi.

Ayrıca, "Şirketinizde AM teknolojilerini uygulamanın önündeki en büyük zorluk nedir?" sorusu için "kalifiye eleman eksikliği" ve "eğitim eksikliği" seçenekleri en fazla oyu alarak sırasıyla 2. ve 3. seçenekler olarak sıralanmıştır.

Bunun nedeni, AM'nin eğitim müfredatlarında tam olarak temsil edilememesi ve buna ek olarak AM endüstrisindeki teknoloji gelişiminin son derece dinamik olan ve her yıl önemli miktarda yeni bilgi gerektiren içeriğe cevap verememiş olmasıdır.

AM konusunda sürekli, sürdürülebilir ve erişilebilir eğitimler özellikle istihdam edilen kişiler için önemli hale gelmiştir. Bu nitelikli eğitimin oluşturulması ancak bu sektördeki grupların ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu amaca hizmet eden içeriklerin oluşturulması ile mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, eklemeli imalat teknolojilerinin eğitim müfredatına entegrasyonuna odaklanan uluslararası karşılaştırmalı bir müfredat analizi yapmaktır. Bu araştırma, sunulan dersler, programlar ve modüllerin yanı sıra öğrenme çıktıları ve kullanılan değerlendirme yöntemlerini inceleyerek Avrupa'daki farklı kurumlardaki eklemeli imalat eğitiminin mevcut durumunu keşfetmeyi amaçlamaktadır.

Çalışma, bu müfredat yaklaşımlarını analiz edip karşılaştırarak, eklemeli imalat eğitimindeki en iyi uygulamaları, zorlukları ve boşlukları tespit etmeyi ve nihayetinde bu teknolojilerin eğitim müfredatına etkili bir şekilde entegrasyonu için içgörü ve öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

4. METODOLOJİ

4.1. AB Ülkelerindeki Mevcut Eklemeli İmalat Müfredatı

ADDress for Future projesi, her biri Eklemeli İmalat (AM) müfredatının geliştirilmesine katkıda bulunan farklı ülkelerden çeşitli ortakları içermektedir. Aşağıdaki listede ortaklar tarafından sağlanan temel bilgiler yer almaktadır, Ek 3'te tüm ayrıntılı kurum listesi de verilmiştir:

Türkiye'den **Gazi Üniversitesi**: Gazi Üniversitesi 12 kurumu incelemiş ve AM ile ilgili 12 Kurs Kimlik Belgesi (CID) oluşturmuştur. Araştırmaları ağırlıklı olarak Türkiye'deki kurumlara odaklanmış, Sırbistan'daki bir kurum için de bir CID oluşturulmuştur.

Türkiye'den **CEV**: Coşkunöz Eğitim Vakfı, 2 kurum için araştırmalar yürütmüş ve 2 CID geliştirmiştir. Birleşik Krallık'taki kurum, araştırma ve müfredat geliştirmede önemli bir referans olmuştur.

Fransa'dan **EPMA**: Avrupa Toz Metalurjisi Kurumu EPMA 8 kurumu incelemiş ve 11 CID hazırlamıştır. Çalışmaları, ülkedeki kurumlar için oluşturulan 10 CID ve Belçika'daki bir kurum için oluşturulan bir CID ile Fransa'da yoğunlaşmıştır.

İtalya'dan **UNIBO**: Bologna Üniversitesi, UNIBO 12 kurumda araştırma yürütmüş ve 19 CID oluşturmuştur. Ağırlıklı olarak İtalya'daki kurumlara odaklanan UNIBO, İtalyan kurumları için 17 CID, Slovenya'daki bir kurum için bir CID ve Danimarka'daki bir kurum için bir CID oluşturmuştur.

İspanya'dan **UPM**: Madrid Politeknik Üniversitesi, UPM 6 kurumu araştırmış ve 9 CID geliştirmiştir. Çalışmaları İspanya'daki kurumlar etrafında yoğunlaşmıştır.

Bulgaristan'dan **LOT**: LOT 28 kurumu araştırmış ve 34 CID oluşturmuştur. Bu araştırmalar Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Avusturya ve Almanya dahil olmak üzere birçok ülkeyi kapsamaktadır.

Proje kapsamında toplam 68 kurumda incelemeler yapılmış ve Avrupa Birliği'ndeki 14 farklı ülkede 87 CID oluşturulmuştur. Bu çalışmalar, Avrupa çapında öğrencilere ve kurumlara fayda sağlayabilecek kapsamlı bir AM müfredatının geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Tablo 1, mevcut müfredat sayılarının istatistiklerinin ayrıntılarını vermektedir.

Ortaklar	Kurum Sayısı	CID Sayısı	CID'ler başına ülkeler
Gazi / Türkiye	12	12	Türkiye (11) Sırbistan (1)
CEF / Türkiye	2	2	BİRLEŞİK KRALLIK (1) ABD (1)
EPMA / Fransa	8	11	Fransa (10) Belçika (1)
UNIBO /İtalya	12	19	İtalya (17) Slovenya (1), Danimarka (1)
UPM / İspanya	6	9	İspanya (9)
LOT / Bulgaristan	28	34	Bulgaristan (10) Çek Cumhuriyeti (8) Estonya (5) Avusturya (3) Almanya (8)
Toplam	68	87	14 Ülke

Tablo 1. AB Ülkelerinde Araştırılan kurumlar ve AB Ülkelerinde düşünülen AM Kurslarının sayısı açısından ortakların katkıları

Raporun bu bölümünde AB ülkelerindeki AM eğitimlerinin listesi ve mevcut müfredatlar özetlenmektedir. Toplanan müfredatlar değerlendirilmiş ve odak alanlarına (süreç, tasarım, malzeme, uygulama vb.) göre sınıflandırılmıştır.

AM eğitimleri, konulara göre farklı kategorilerde gruplandırılabilir;

- Süreç:** Bu müfredat grubu, toz yatağı füzyonu, yönlendirilmiş enerji biriktirme, bağlayıcı püskürtme ve malzeme ekstrüzyonu gibi çeşitli AM süreçlerine odaklanmaktadır. Her bir sürecin ilkelerini, avantajlarını, sınırlamalarını ve uygulamalarını kapsar.
- AM için Tasarım:** Bu grup, eklemeli imalata özgü tasarım ilkelerini vurgular. İşlevsel ve verimli AM parçaları elde etmek için tasarım optimizasyonu, kafes yapıları, destek yapıları ve tasarım yönergeleri gibi konuları kapsar.
- Malzemeler:** Bu müfredat grubu, metaller, polimerler, seramikler ve kompozitler dahil olmak üzere eklemeli imalatla kullanılan malzemeleri inceler. AM uygulamaları için malzeme özelliklerini, seçim kriterlerini, işleme parametrelerini ve malzeme testlerini araştırır.
- Uygulamalar:** Bu grup, havacılık, otomotiv, sağlık ve tüketim malları gibi çeşitli sektörlerde eklemeli imalatın pratik uygulamalarına odaklanmaktadır. Vaka çalışmalarını, sektöre özgü zorlukları ve AM'nin geleneksel üretim süreçlerine entegrasyonunu kapsar.
- İnşaat ve Mimarlıkta AM (eklemeli yapı):** Bu özel müfredat grubu, inşaat sektöründe eklemeli imalat tekniklerine ve uygulamalarına odaklanmaktadır. Büyük ölçekli 3D baskı, robotik inşaat, sürdürülebilir bina uygulamaları ve AM teknolojileri kullanılarak mimari tasarım gibi konuları kapsar.
- Operatörler için Pratik Beceriler:** Bu grup, AM makine operatörleri için uygulamalı eğitim ve pratik becerilerin geliştirilmesini sağlar. Makine kurulumu, bakım, işleme sonrası teknikleri, kalite kontrol ve güvenlik protokolleri gibi konuları içerir.
- 3D Tasarım ve Üretim Teknolojileri:** Bu grup, 3D tasarım ve dijital üretim teknolojileriyle ilgili daha geniş konuları kapsar. CAD yazılımı eğitimi, bilgisayar destekli mühendislik, simülasyon ve dijital iş akışı yönetimini içerebilir.
- Katmanlı İmalat Yüksek Lisans Programı:** Bu müfredat grubu, eklemeli imalata adanmış kapsamlı yüksek lisans programını temsil etmektedir. AM süreçleri, malzemeler, tasarım, uygulamalar, araştırma yöntemleri ve AM'de ileri kavramlar dahil olmak üzere çok çeşitli konuları kapsar.

9. **Eklmeli İmalatta Üniversite Uzmanlık Eğitimi:** Bu grup, üniversiteler tarafından sunulan ve eklmeli üretime özgü derinlemesine bilgi ve beceriler sağlayan odaklanmış bir müfredatı ifade eder. Teori, pratik alıştırmalar ve proje çalışmalarının bir kombinasyonunu içerebilir.
10. **Mesleki Uzmanlık Programı:** Bu müfredat grubu, eklmeli imalat konusunda uzmanlık eğitimi almak isteyen profesyonellere ve bireylere hitap etmektedir. AM alanında kariyer gelişimi için gerekli temel ilkeleri, pratik uygulamaları ve sektöre özgü bilgileri kapsar.
11. **EFW IAMQS Modüler Sistem:** Avrupa Kaynak Federasyonu (EFW) Entegre Eklmeli imalat Kalite Sistemi (IAMQS), AM eğitimi için modüler bir müfredat sistemi sunmaktadır. AM kalite güvencesi, denetimi ve belgelendirmesi ile ilgili beceri ve yeterliliklerin kazanılması için yapılandırılmış bir yol sağlar.

Bu müfredat grupları, eklmeli imalat eğitiminde farklı uzmanlık seviyelerine ve belirli uygulama alanlarına hitap eden AM eğitimlerinde kapsanan çeşitli konuları temsil etmektedir.

4.2. Kurs Kimlik Belgesi (CID)

Müfredat, öğretim için gerekli bir belgedir ve dersin ana hatlarını ve temel unsurlarını sunar. Kurs Kimlik Belgesi (CID) müfredatı kapsar ve CID öğretim şeklini ve öğretim ve değerlendirmede gerekli tüm konuları sunar. Tipik bir CID, dersin amacını, kapsamını, faaliyetlerini, öğretim yöntemlerini, değerlendirme yöntemini, öğrenme çıktılarının listesini ve haftalık programı ana hatlarıyla belirtir.

Bu projede, 14 ülke arasında AM Kurslarının verildiği 68 kurum araştırılmıştır (Tablo 1). Toplamda 87 CID toplanmış ve öğretim şekli ve müfredat unsurları incelenmiştir.

(Tablo 2) tipik bir CID'nin bölümlerini göstermektedir. Bu tür bir belge formatı, eğitmenlerin kursları sistematik bir şekilde vermelerine yardımcı olacaktır.

Kurs Detayları	
Dersin Adı	Sürdürülebilir Üretim ve İleri Teknolojiler Yüksek Lisansı
Eğitim Dili	Fransızca
Kurs Biriminin Seviyesi	Yüksek Lisans Derecesi
Bölüm / Program	Makine Mühendisliği
Teslimat Şekli	Yüz Yüze
Kurs Birimi Türü	Zorunlu
Kursun Hedefleri	Geleceğin endüstri yöneticilerini, araştırmacılarını ve öğretmen-araştırmacılarını yetiştirmek, benzersiz teknik ve bilimsel uzmanlığa sahip aynı zamanda gelecekteki zorlukların üstesinden gelmek için uzmanlık alanlarını entegre etmek
Kurs İçeriği	Geniş bir yelpazede uygulama yaparak pratik bir anlayış geliştirecek üretim süreçleri ve karakterizasyon teknikleri
	Hareketlilik fırsatları aracılığıyla uluslararası/kültürlerarası becerilerin geliştirilmesi

	Ortak çalışma ve proje yönetimi konusunda eğitim	
	Dijital, akıllı süreçler, temiz süreçler ve bileşenlerin dayanıklılığına odaklanan uzmanlıklar	
Önkoşullar ve eşkoşullar	Mühendislik alanında BAC+3 (Lisans derecesi)	
Kurs Koordinatörü		
Asistanlar		
İşe Yerleştirme(ler)	Hayır	
Önerilen veya Zorunlu Okumalar		
Kaynaklar		
Kurs Kategorisi		
Matematik ve Temel Bilimler	30%	
Mühendislik	30%	
Mühendislik Tasarımı	40%	
Sosyal Bilimler	0%	
Eğitim	0%	
Bilim	0%	
Sağlık	0%	
Saha	0%	
Planlanan Öğrenme Etkinlikleri ve Öğretim Yöntemleri		
Faaliyetler "Değerlendirme Yöntem ve Kriterleri" ve "İş Yüğü Hesaplama" bölümlerinde detaylı olarak verilmiştir.		
Değerlendirme Yöntemleri ve Kriterleri		
Ara Seçimler	1	% 30
Görevlendirme	10	% 20
Uygulama	5	% 10
Projeler	0	% 0
Final Sınavı	1	% 40
Öğrenci İş Yüküne Göre Dağıtılan AKTS		
Haftalık Teorik Ders Saati	14	2
Haftalık Eğitim Saatleri	14	1
Okuma Görevleri	14	2
Materyal Tasarımı ve Uygulaması	11	4
Ara Sınav ve Ara Sınava Hazırlık	1	5

Final Sınavı ve Final Sınavına Hazırlık		1	5
Dersin Öğrenme çıktıları: Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler aşağıdakileri yapabileceklerdir:			
1	Gelişmiş üretim süreçleri hakkında bilgi sahibidir		
2	Bu süreçlerde sürdürülebilirliği kavrar		
3	Hareketlilik fırsatları aracılığıyla uluslararası/kültürlerarası becerilerini geliştirir		
4	Dijital, akıllı süreçler, temiz süreçler ve bileşenlerin dayanıklılığına odaklanan uzmanlıklar kazanır.		
Haftalık Detaylı Kurs İçeriği			
Hafta	Konular		
Dönem 1	Üretim süreçlerinin temelleri		
	Üretim mühendisliğinin temelleri		
	Metal işleme süreçleri		
	Eklemeli imalat		
	Yüksek sıcaklık prosesleri		
	Fiziksel Ölçüm		
	Üretim teknolojileri üzerine çapraz proje		
	Araştırma Yöntemleri		
	Modern dil		
Dönem 2	Malzemeler: Mikroyapı ve mekanik özellikler arasındaki korelasyon, Malzeme seçimi, Malzemelerin termodinamiği ve kinetiği		
	Karakterizasyon: Yapı ve Karakterizasyonun İncelenmesi için Modern Ekipman ve Teknikler		
	Metalik Alaşımların Özellikleri; Yüzey ve Arayüzey İnceleme Yöntemleri (OM, SEM, TEM, EBSD, XRD, AFM ve diğerleri)		
	2 aylık staj		

Tablo 2. Tipik Kurs Kimlik Belgesi

4.3. Öğrenme Çıktıları ve Müfredattaki AM Konuları

Öğrenme çıktıları, AM dersini alan öğrencilerin/eğitim alanların kazanımlarının listesidir. AM konuları, AM kursunun odaklanması ve AM kursu derslerinde düşünülmesi gereken ana alanlar ve teknolojik yetkinliklerdir. Öğrenme çıktıları ve AM konuları, AM Stratejisi ve mevcut AM kurslarından toplanmış ve çıkarılmıştır. (Tablo 3, öğrenme çıktıları ve AM konularının örnek bir listesini göstermektedir).

Öğrenme çıktılarının bazıları AM'de çok temel ihtiyaçlardır, ancak bazıları da bir AM uzmanının en son teknolojik başarıları adapte edebilmesi için sahip olması gereken güncel ihtiyaçlardır. Bu öğrenme çıktıları aynı zamanda AM eğitmenlerine farklı seviyelerde teknik yeterlilikler verilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

ADdress projesi tarafından projenin başında yapılan anketin sonuçlarına göre, eklemeli imalat (AM) bağlamında eğitim ve personel yatırımının önemi vurgulanmıştır. Ankete katılanların yaklaşık %20'si

"personel gelişimi"nin en çok yatırım yapılması planlanan alan olduğunu belirtmiştir. Bu, AM alanında bireylerin kalifikasyonunun kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

AM STRATEGY AND SURVEY RESULTS BASED		
Learning Outcomes		AM Topics
Knows the basic principles of additive manufacturing technologies.		Fundamental principles of AM Technologies
Knows additive manufacturing methods, differences, usage areas and needed technologies.		General Additive Manufacturing Method/Process Cycle
Makes additive manufacturing process planning and applies design approaches for additive manufacturing.		Design for AM, Biomimetic Approach and Design Perspective and graphical tools
Knows the effects of manufacturing parameters changing according to additive manufacturing method on part quality.		Software and Hardware Tools in Additive Manufacturing
Learn the current AM technologies, their operating principles, and their characteristics		Metal, polymer, ceramic and composite-based materials used in additive manufacturing methods
Knows the post-processing methods, their application principles		Post-processing methods
Knows the selection of material to appropriate additive manufacturing method. Behaviour of the material in AM Process		Materials in AM
To learn the effects of manufacturing parameters that change according to the additive manufacturing method on part quality.		Industrial applications, innovations and developments of additive manufacturing methods
Able to model the AM processes and simulate using AM software		Bioprinting, micro-nano printing Methods
Able to design the factory/production line for AM		Process Simulations in AM
Knows the digital tools that can be used in AM		Industrial applications, innovations and developments of additive manufacturing methods
Able to check the quality of the AM parts		Production Planning in AM
Knows the standards of AM		Process Digitalization in AM
Able to make cost analysis of an AM parts		Quality Control
To have an awareness of environmental impact of AM Technologies		Standardization
		Cost-Analysis
		Environmental Impact of AM Methods

Tablo 3. Öğrenme çıktıları ve AM konularının listesi

4.4. Gap-fit-Analizi

Gap-fit metodolojisi, planlanan bir sistemin ihtiyaçlara göre uyduğu veya uymadığı alanları belirlemek için kullanılır. Gap-fit-analizi, analizde hangi konuların değerlendirilmesi gerektiği ile başlar. Daha sonra mevcut durum incelenir ve konu başlıklarına göre ihtiyaçlar listelenir. Boşluklar doldurulması gereken eksik noktalardır ve son olarak her boşluğa uyması için eylemler atanır.

Müfredatta öne çıkan konular, AM müfredatının kapsamı gereken ana AM konularıdır. İlk olarak, bu müfredat vurguları mevcut müfredatın kapsayıp kapsamadığı değerlendirilir. İhtiyaçlar, AM strateji raporundan ve anket sonuçlarından çıkarılan AM sektörünün gereksinimleridir.

Bunlar çoğunlukla AM kullanıcılarının sahip olması gereken öğrenme çıktıları ve en çok ihtiyaç duyulan yeteneklerdir.

MÜFREDATTA ÖNE ÇIKAN NOKTALAR	GÜNCEL MÜFREDAT	İHTİYAÇLAR AM Strateji Raporu ve Anket Sonuçları	BOŞLUK	EYLEMLER
Teknoloji Farkındalığı	Var ISO/ASTM Uluslararası Standart Teknolojileri	- AM teknolojilerini, farklılıklarını, kullanım alanlarını ve ilgili teknolojileri detaylı olarak bilmek	- Mikro ve nano ölçekli eklemeli üretim teknikleri dahil değildir. - Biyo-baskı yeterince dahil edilmemiştir - 4D Baskı dahil değildir	- Mikro ve nano ölçekli üretim teknikleri bir konu başlığı olarak dahil edilmelidir. - Biyo-baskı ve ilgili malzemeler bir konu olarak dahil edilmelidir. - 4D baskı ve malzemeleri bir konu olarak dahil edilmelidir.
Tasarım Perspektifi	Var Genel DFAM kuralları	- Parçaları AM perspektifine göre tasarlayabilmek, - Katı modelleme, CAD formatlarını bilmek	- Topoloji optimizasyon yeteneği - Üretken tasarım yeteneği	- Optimizasyon araçları dahil edilmelidir - Topoloji optimizasyon yazılımı düşünülmelidir - DFAM ve üretken tasarım yaklaşımı dahil edilmelidir
Malzeme Bilgisi	Var İyi bilinen malzemeler	- AM'de kullanılan malzemeleri bilmek, AM süreçleri için uygun malzemeleri seçmek, - Kullanılan malzemelerin mekanik ve metalurjik özelliklerini bilmek, - Malzemenin işleme sırasındaki davranışını anlamak	- Mikro ve nano malzeme bilgisi - Biyo-baskı malzemeleri bilgisi - AM malzemelerinin karakterizasyonu - Malzemelerin işli işlemi	- Malzemeler ve metalurjileri AM konusu olarak dahil edilmelidir - AM işlemede malzemelerin karakterizasyonu düşünülmelidir - Yeni ve zorlu malzemeler düşünülmelidir
Malzeme Mühendisliği	Kısmen Mikroyapı ve mekanik özellikler, Malzeme seçimi, Malzemelerin termodinamiği ve kinetiği	- Toz karakterizasyon yöntemlerini ve bunların AM'de nasıl uygulanacağını bilmek	- Partikül Boyutu Dağılımı Terminolojisi, toz yoğunluğu türleri, akış özellikleri ve nasıl ölçüleceği.	- Aynı bir bölüm olarak yer almalıdır
Süreç Gelişmeleri	Var Sadece popüler AM yöntemleri	- AM proses parametrelerinin parça kalitesi üzerindeki etkilerini bilmek - Proses parametrelerini kontrol edebilme	- Süreç geliştirme aşamaları - Süreç parametrelerinin etkileşimi	- Her bir AM süreci için süreç geliştirme aşamaları düşünülmelidir
Süreç Simülasyonları	Kısmen	- Süreç parametrelerine dayalı olarak AM sürecini simüle etmek - FEM Analizi Yapabilme - Sıcaklık dağılımını, termal distorsiyonu, doğal gerinimi analiz etmek - Tarama stratejisini simüle etmek için - Destek yapısını, yoğunluğunu, türünü ve konumunu belirlemek için - Bina yönüne ve açısına karar vermek - Özellikle yönelimini belirlemek için	- AM simülasyon yazılımı ve araçları nasıl kullanılır? - AM süreç planlama araçları ve yazılımları nasıl kullanılır?	- AM süreç simülasyon yazılımlarından biri derse dahil edilmeli ve uygulamalı olarak düşünülmelidir.
İşlem Sonrası	Kısmen Çok az yöntem: kumlama, ısıtım vb.	- AM teknolojisine dayalı uygun son işlem yöntemini belirlemek - İşlem sonrası tekinin etkisini anlamak için - Yüzey işleme yöntemlerini bilmek - Isıl işlem yöntemlerini bilmek	- Uygun <i>Post-processing</i> <i>teknikleri</i> <i>nasıl uygulanır?</i> - <i>Post-processing</i> <i>teknikleri</i> <i>nasıl uygulanır?</i>	- AM parçalarının işlenmesi sonrası ayrı bir AM konusu olarak ele alınmalıdır - HIP gibi AM'ye özgü Son işleme yöntemleri ayrı bir AM konusu olarak dahil edilmelidir
Makine Çalıştırma	Mevcut Değil Yetersiz altyapı nedeniyle	- AM makinesini çalıştırabilme - Makine kodları üretebilme - Proses kontrol ünitesini kullanabilme - Kontrol arayüzünü kullanabilme - Hammaddeleri değiştirebilme - AM Makinesi'nin gerekli parçalarını/aksesuarlarını değiştirebilme	- AM makinesi <i>nasıl çalıştırılır?</i> - AM makine <i>kontrol ünitesi</i> <i>nasıl bulundurulur?</i>	- Eğitim saatinin en az %20'sinde uygulamalı eğitim verilmelidir.
Makine Kullanımı ve Bakımı	Mevcut Değil Yetersiz altyapı nedeniyle	- Günlük ve haftalık bakımları yapabilmek - AM Makinesi'nin gerekli parçalarını/aksesuarlarını değiştirebilme	- Ekipmanların bakımı (baskı kafası, fırın, toz alma istasyonu, vb.)	- Uygulamalı eğitim verilmelidir
AM hattı Üretimi için Fabrika Tasarımı	Mevcut Değil Gelecek Trend Konusu	- AM ekipmanının özelliklerini ve yeteneklerini bilmek - AM makine teknolojilerini tanımak - İşin işleyişini ve iş sürecinin sırayla ilerlediğini bilmek - Üretim öncesi üretim ve üretim sonrası süreçleri bilmek	- Bir AM fabrikasını anlamak ve tasarlayabilmek	- AM üretim planlama konusu ayrı bir bölüm olarak verilmelidir
Süreç Dijitalleştirme	Mevcut Değil Gelecek Trend Konusu			- AM'nin Dijitalleşmesi olarak ayrı bir bölümde yer almalıdır
Süreç Kontrolü	Mevcut Değil Gelecek Trend Konusu			
Yapay Zeka Entegrasyonu	Mevcut Değil Gelecek Trend Konusu			
Veri İşleme ve Güvenlik	Mevcut Değil Gelecek Trend Konusu			
Kalite Güvence	Mevcut Değil Dikkate alınmadı	- 3D baskılı parçalarının spesifikasyonlara uygun olarak üretilmesini ve gerektiği gibi performans göstermesini sağlayacak araç ve teknikleri bilmek - GD&T (Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslar) ölçüm tekniklerini bilmek - Temel AM standartlarını bilmek	- AM'de GD&T araç ve yöntemlerini bilmek	- 'AM'de Kalite Güvencesi' olarak ayrı bir Bölüm olarak yer almalıdır
Standartlaştırma	Mevcut Değil Dikkate alınmadı		- AM Standartlarını bilmek	- 'AM'de Kalite Güvencesi' Bölümüne dahil edilmelidir
Maliyet Analizi	Mevcut Değil Dikkate alınmadı	- Maliyet birimlerini göz önünde bulundurabilmek - Güncel maliyetlerin (malzeme, enerji, işleme vb.) bilinmesi	- Maliyet birimlerini göz önünde bulundurabilmek - Güncel maliyetlerin (malzeme, enerji, işleme vb.) bilinmesi	- Bir bölüm içinde ayrı bir bölüm olarak düşünülmelidir
Çevresel Etki	Mevcut Değil Dikkate alınmadı	- AM'nin Çevresel Etkileri konusunda farkındalığa sahip olmak	- AM'nin Çevresel Etkileri konusunda farkındalığa sahip olmak	- Ayrı bir bölüm olarak yer almalıdır
Sürdürülebilirlik ve Döngüsellik	Kısmen AM'de sürdürülebilirlik hakkında çok az bilgi	- AM süreçlerinin döngüsellik ve sürdürülebilirliğini değerlendirin.	AM sürdürülebilirliği ve Döngüsellik değerlendirme için özel bilgi eksikliği	LCA ve benzeri araçlar kullanılarak AM'nin döngüsellik ve sürdürülebilirliğinin nicel değerlendirilmesine ilişkin konuların eklenmesi
Süreç İşleme, In-line	Mevcut Değil Dikkate alınmadı	Süreç sırasında süreci kontrol edebilme: uyarlanabilir iş akışı	AM süreçlerine uygulanan işleme sensörleri hakkında özel bilgi eksikliği	Hat içi süreç işleme teknolojileri (görüntüleme ve termal) ve yöntemleri ile ilgili konuların eklenmesi
Süreç İşleme, Süreç Sonrası	Kısmen Gelecek Trend Konusu			Proses sonrası işleme için teknolojiler ve yöntemlerle ilgili konuların eklenmesi
Tasarım ve optimizasyon için yazılım	Kısmen Optimizasyon ve kavramsal tasarım için yazılım	- Optimizasyon algoritmaları ve lojistik için yerleri Üretimin lojistikini tanımlayabilmek	Yol planlama, optimizasyon ve lojistik için yerleri yazılımları öğrenmeye yönelik kursların olmaması	Yol planlama ve optimizasyon ve lojistik için özel yazılımlarla ilgili konuların eklenmesi
Operatörler için pratik beceriler	Kısmen AM hakkında çok az bilgi	- Tüm süreci yönetebilen operatörler. Malzemeleri, AM süreçlerini, hat içi ve süreç sonrası işleme yazılımlarını bilmek	AM operatörleri için pratik becerilere yönelik özel içerik eksikliği (IEWF'nin pahalı kursları dışında)	AM operatörleri için pratik becerilerle ilgili konuların eklenmesi

Tablo 4. AM Kurslarının AM Kurslarının boşluk-uygunluk-analizi ve belirtilen AM Konuları için ihtiyaçlar-boşluklar-eylemler

4.5. Modüler AM Müfredatı ve CID Hazırlığı

Eklemeli imalat teknolojileri farklı perspektiflerde geniş uygulama alanlarına sahiptir. Mühendislik ve teknoloji AM'nin temelini oluşturmaktadır ancak maliyet analizi, tasarım yaklaşımı, eleştirel düşünme ve risk analizi de çok önemlidir ve bir AM müfredatına dahil edilmelidir. Bu nedenle, AM Kursunda ele alınması gereken çok sayıda öğrenme çıktısı ve konu vardır ve kısa vadede verilmesi pratik ve basit olacaktır. Bu nedenle, farklı geçmiş ve bilgi düzeyindeki kişileri eğitebilmek için gerekli tüm AM konularını içeren modüler bir AM müfredatı önerilmiştir. Projenin başında yapılan ankette farklı sektörlerin farklı malzemeler ve süreçler kullanarak eklemeli imalat üretimi yaptığı ya da yeni yatırımlar planladığı görülmüştür.

Adress projesinde, iş paketi (WP) yapıları sıklıkla eş zamanlı olarak yürütülmektedir. Bunun temel nedeni, araştırma çıktılarının sıralı olarak tasarlanmış iş paketlerini beslemesidir. WP3 ve WP4 bu şekilde tasarlanmıştır. Avrupa genelinde müfredat incelenirken, farklı ülkelerdeki farklı işletmelerde eş zamanlı bir insan kaynakları beceri haritalaması da başlatılmıştır. Bu iş paketi kapsamında yürütülen çalışmalar ayrı bir raporda sunulmakla birlikte, en değerli çıktılarından biri yeteneklerin farklı düzeylerde dahil edilmesine duyulan ihtiyaçtır.

Bahsedilen çıktılar ve bilgi alanlarına dayanarak, eklemeli imalat alanında müfredatın seviyelendirilmesine ihtiyaç olduğu açıktır. Katmanlı imalat süreçlerinin fiziğinin anlaşılması, uygun teknolojilerin seçilmesi ve tasarım ilkelerine hakim olunması gibi çeşitli konuların ele alınması, bu alanın multidisipliner yapısını vurgulamaktadır.

Teknik bilginin yanı sıra, müfredat sürdürülebilirliğin önemini ve eklemeli imalat süreçlerinde çevresel etkinin azaltılmasını da vurgulamalıdır. Öğrenciler, bileşenlerin dayanıklılığını göz önünde bulundurmaya, tasarımları eklemeli üretim için optimize etmeye ve karbon ayak izini ve kaynak kullanımını en aza indiren temiz süreçleri keşfetmeye teşvik edilmelidir.

Ayrıca müfredat, eklemeli üretim teknolojilerinin gelişen doğasını ve dijital zincirleme, birlikte çalışabilirlik ve gelişmiş üretim süreçlerinin entegrasyonu ile ilgili zorlukları ele almalıdır. Öğrenciler en son gelişmeleri takip ederek endüstri trendlerine uyum sağlayabilir ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunabilirler.

Uluslararası işbirliğini ve kültürlerarası becerileri geliştirmek için müfredat, öğrencilerin/öğrencilerin farklı bölgelerden ve kültürlerden eklemeli imalat uygulamalarına ve bakış açılarına maruz kalmalarını sağlayan hareketlilik fırsatları içerebilir. Bu küresel bakış açısı, mezunların alandaki genel yetkinliğine ve uyum yeteneğine katkıda bulunacaktır.

Genel olarak, eklemeli imalat müfredatının seviyelendirilmesi, öğrencilerin hızla gelişen bu alanda başarı için gerekli olan geniş bir beceri ve bilgi yelpazesini edinmelerini sağlayacaktır.

Eğitim kurumları, bu konuları müfredata dahil ederek ve disiplinler arası yaklaşımları vurgulayarak, öğrencileri/öğrencileri çeşitli sektörlerde eklemeli üretimin sunduğu zorlukların ve fırsatların üstesinden gelmeye hazırlayabilir.

Eklemeli imalat, sektörler arasında yenilik ve yıkıcı değişim için muazzam potansiyele sahip bir teknolojidir. Girişimcilik eğitimi dahil ederek, öğrenciler/öğrenciler pazar fırsatlarını belirlemek, fikirleri uygulanabilir ürün veya hizmetlere dönüştürmek ve ticarileştirme sürecinde yol almak için gerekli zihniyet ve becerileri geliştirebilirler.

Bu nedenle, girişimcilik eğitiminin eklemeli imalat müfredatına dahil edilmesi, öğrencileri yenilikçi, uyarlanabilir ve pazar odaklı profesyoneller olmaları için güçlendirebilir. Girişimci bir zihniyet geliştirerek, disiplinler arası işbirliğini teşvik ederek ve pazar ihtiyaçlarını ele alarak, öğrenciler/öğrenciler katmanlı imalatın potansiyelinden yararlanmaya ve çeşitli sektörlerde büyümesine ve etkisine katkıda bulunmaya daha iyi hazırlanacaktır.

Tüm bu araştırma faaliyetlerinin sonunda, ortaklardan eğitim modellerinin CID'lerini, öğrenme çıktılarını ve araştırma bulgularına dayalı olarak kapsanan AM konularını çıkarmaları istenmiştir. Oluşturulan genel listeden önemli ve öncelikli konuları belirlemek için bir karar matrisi uygulanmıştır.

Ortaklardan tüm konuları Uygunluk (sektör ihtiyaçlarını karşılama amacı), Öncelik (sektör ihtiyaçlarını karşılama önceliği) ve Uygulanabilirlik (sektör ihtiyaçlarını karşılamak için uygulama kolaylığı) temelinde puanlamaları ve sıralamaları istenmiştir. En yüksek puanları alan konular daha sonra buna göre sıralanmıştır. Ek 4'te yer almaktadır. Seçilen Konular Uygunluk-Öncelik ve Uygulanabilirlik Analizi de ayrıntılı olarak görülebilir.

AM'de kapsamlı bir eğitim için üç seviye önerilmektedir:

1. Başlangıç
2. Orta seviye
3. Gelişmiş

Ek 5'te, Proje Sonuç Platformundaki Kurs Kimlik Belgeleri, önerilen her üç müfredat için de CID incelemeye hazır hale getirilmiştir. Başlangıç seviyesi, temel eklemeli imalat teknolojilerini, AM yaklaşımları için tasarımı ve AM'de temel süreç planlamasını kapsamaktadır. Ek 6'da Müfredat Seviyesine Dayalı Önemli Noktalar Belgesi, incelenen mevcut müfredatlara kıyasla maksimum öğrenme çıktıları için tüm ek konuları da kapsamaktadır.

Başlangıç Seviyesi

Tablo 5., Başlangıç Seviyesi AM Kursu için hazırlanan CID'de belirtilen öğrenme çıktılarının ve haftalık konuların listesini göstermektedir. Eklemeli imalat başlangıç seviyesi eğitimi, vasıfsız, teknik olmayan ve teknik kişiler de dahil olmak üzere geniş bir yelpazedeki bireyleri hedeflemektedir.

Amaç, eklemeli üretim süreçleri, teknolojileri ve uygulamaları konusunda bilgi ve beceri kazandırmaktır. Bireyler ister sınırlı becerilere ister teknik uzmanlığa sahip olsunlar, eğitim onları eklemeli imalat tekniklerini etkili bir şekilde anlamak ve kullanmak için gerekli yetkinliklerle donatmayı amaçlamaktadır.

Erişilebilir ve kapsamlı eğitim programları sunarak, vasıfsız, teknik olmayan ve teknik kişiler yeteneklerini geliştirebilir ve büyüyen eklemeli imalat alanına katkıda bulunabilirler.

Kurs/Eğitim Öğrenme Çıktıları: Bu kursu/eğitimi başarıyla tamamlayan öğrenciler/katılımcılar aşağıdakileri yapabileceklerdir:

Hayır	Öğrenme Çıktıları
1	Katmanlı üretimin temellerini, AM sınıflandırmasını ve geleneksel süreçler arasındaki farkları bilmek
2	Polimer bazlı eklemeli üretim yöntemlerini ve temel prensiplerini bilmek
3	Metal bazlı eklemeli üretim yöntemlerini ve temel prensiplerini bilmek
4	CAD yazılımı kullanabilme ve AM için parça tasarlayabilme
5	AM süreç planlamasını bilir, üretim ve parça oryantasyonunu destekleyebilir, ilgili yazılım sorunlarını çözebilir ve parçayı 3D baskıya hazır hale getirebilir

Haftalık Detaylı Kurs/Eğitim İçeriği

Hafta	Konular (haftalık zamanlar x saat)	Çalışma Materyalleri	Malzemeler
1	Katmanlı İmalata Giriş: AM süreçlerine genel bakış: AM süreçlerinin sınıflandırılması, Katmanlı Üretim Teknolojilerinin ASTM/ISO sınıflandırması, temel özellikler, avantajlar ve üretim kısıtlamaları. (1x4)	[Metin 1, 2]	[Ref1], [Ref7]
2	Eklemeli Üretim Yöntemleri-Polimerler: Temel Prensipler, Malzeme Bilgisi, Kısıtlar, Uygulamalar (3x3)	[Metin 1, 2]	[Ref1]
3	Eklemeli Üretim Yöntemleri-Metaller: Temel Prensipler, Malzeme Bilgisi, Toz Metalurjisi, Kısıtlar, Uygulamalar (3x3)	[Metin 1, 2]	
4	Katmanlı İmalat için Tasarım: Ana kavramlar ve hedefler, bilgisayar destekli tasarım için temel araçlar (3D CAD modelleme), şekil karmaşıklığı, DfAM Kuralları, Biyometrik Tasarım Yaklaşımı. (3x3)	[Metin 1, 2]	[Ref1], [Ref5], [Ref 8]
5	Katmanlı Üretimde Süreç Planlama: Tüm süreç planlama zincirine ilişkin temel kavramlar (dilimleme, yol planlama, platform optimizasyonu, destek üretimi, makine kodu üretimi), Yaygın AM Yazılımlarının Kullanımı (Cura, Magics, vb.) (3x3)	[Metin 1, 2]	[Ref2], [Ref3], [Ref4]

Tablo 5. Başlangıç Seviyesi AM Kursunun öğrenme çıktıları ve haftalık konularının listesi

Orta Seviye

Eklemeli üretim teknolojileri mühendislik çözümlerine ve analitik yaklaşımlara ihtiyaç duymaktadır. Sayısal uygulamalar ve çözümler tasarım, işleme ve uygulamalarda birincil role sahiptir. Bu nedenle, orta düzey AM kursu daha çok mühendislik tabanlıdır ve yüksek düzeyde teorik mühendislik altyapısı ve becerileri gerektirir.

AM için tasarım, her AM kullanıcısının sahip olması gereken bir zihniyettir ve bir şekilde düşünülmelidir. Her eklemeli imalat kullanıcısına aşılması gereken önemli bir husus "AM için Tasarım" zihniyetidir.

Bu yaklaşım, teknolojinin benzersiz yeteneklerini ve sınırlamalarını göz önünde bulundurarak, eklemeli üretim süreçleri için özel olarak uyarlanmış ürünler tasarlamayı vurgular. Eklemeli imalatla ilgili mühendislik ilkelerinin ve hususların derinlemesine anlaşılmasını gerektirir.

Katmanlı imalat tasarımlarının kalitesini ve işlevselliğini sağlamak için çeşitli mühendislik analizlerinin yapılması gerekir. Bunlar arasında ısı transferini ve termal yönetimi değerlendirmek için termal analiz, mekanik gücü ve bütünlüğü değerlendirmek için yapısal analiz ve titreşim ve doğal frekansları incelemek için modal analiz yer alır. Bu analizler, eklemeli üretim bileşenlerinin veya ürünlerinin performansını, güvenilirliğini ve güvenliğini gerektirir veya onaylamak için gereklidir.

Simülasyonlar, toplam maliyet ve sürenin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu mühendislik analizlerini müfredata dahil eden orta seviye eklemeli üretim kursu, öğrencileri teorik mühendislik kavramlarını gerçek dünyadaki eklemeli üretim senaryolarına etkili bir şekilde uygulamak için gerekli bilgi ve becerilerle donatır. Bu da tasarımları optimize etmelerini, olası sorunları gidermelerini ve eklemeli üretim parçalarının genel kalitesini ve işlevselliğini sağlamalarını mümkün kılmaktadır.

Son olarak, muayene ve kontrol üretilen parçaları son haline getirir ve mekanik metalurjik ve yüzey gibi farklı test yöntemlerine ihtiyaç duyarlar. Tablo 6, Orta Seviye AM Kursu için önerilen öğrenme çıktıları listesini ve AM konularını göstermektedir.

Kurs/Eğitim Öğrenme Çıktıları: Bu kursu/eğitimi başarıyla tamamlayan öğrenciler/katılımcılar aşağıdakileri yapabileceklerdir:			
Hayır	Öğrenme Çıktıları		
1	AM yöntemleri için tasarım bilgisi: jeneratif tasarım, topoloji optimizasyonu ve diğer tasarım yöntemleri		
2	Optimizasyon tasarım yöntemlerini uygulamak ve bilgisayar mühendisliği analizleri yapmak		
3	AM süreci geliştirmeyi gerçekleştirir ve süreç parametrelerini etkiler		
4	AM yazılımını kullanarak termal, mekanik ve simülasyon analizleri gerçekleştirir		
5	AM için GD&T araçlarını, destrutik ve tahribatsız test yöntemlerini, yüzey ölçümlerini bilir		
Haftalık Detaylı Kurs/Eğitim İçeriği			
Hafta	Konular (haftalık zamanlar x saat)	Çalışma Materyalle	Malzemeler
1	AM için Tasarım: Üretken Tasarım, Topoloji, Şekil ve Boyut Optimizasyonu, Kafes Tasarımı, Tersine Mühendislik, Biyomimetik Tasarım (3x3)	[Metin1,2]	[Ref1], [Ref6], [Ref 8]
2	Tasarım ve Analiz: Mekanik ve Termal Analiz, Yazılım uygulamaları, FEM sonuçlarının analizi (3x3)	[Metin1,2]	[Ref1], [Ref 8]
3	Süreç Geliştirme: Proses Parametre Seçimi, Parça Oryantasyonu, Destek Üretimi, Tarama Stratejileri, Yol Planlama ve Proses Parametre Kontrolü (4x3)	[Metin1,2]	
4	Süreç Simülasyonu: Termal Analiz, Distorsiyon Analizi, Gerinim Analizi, Destek Yapısı Analizi, Oryantasyon Analizi (3x3)	[Metin1,2]	[Ref1], [Ref7]
5	Muayene ve Kalite Kontrol: Tahribatsız Muayene Yöntemleri, Mekanik Test Yöntemleri, Mikroyapı Analizi, SEM, CT Analizi, Yüzey Topografisi Ölçüm Yöntemleri, Boyutsal ve tolerans ölçümleri ve analizi (2x3)	[Metin1,2]	[Ref2], [Ref3], [Ref4]

Tablo 6. Orta Seviye AM Kursu Orta Seviye AM Kursu için öğrenme çıktıları ve AM konularının listesi

İleri Seviye

İleri seviye AM Kursu, işlem sonrası ve standardizasyon, maliyet analizi ve pratik uygulamalar anlamına gelir. Sonradan işleme, çoğu uygulama ve parça için AM'de bir zorunluluktur. Teorik bilgi ve pratik gerektirir.

AM'de standardizasyon henüz olgunlaşmamıştır, ancak AM teknolojilerinin, güvenlik kurallarının, testlerin, süreçlerin, işlem sonrası süreçlerin vb. standartlaştırılması için büyük girişimler ve çabalar vardır. Maliyet analizi, AM süreci zincirindeki son iştir, ancak tüm AM kararlarını değiştirebilir. Bu nedenle, AM kullanıcıları toplam maliyeti etkileyen parametreleri ve giderleri bilme becerisine sahip olmalıdır.

Pratik uygulama bir zorunluluktur ve son kullanıcının yeteneklerini geliştirmeye ve nasıl tasarlanacağını, uygulanacağını ve kullanılacağını kolayca anlamaya yardımcı olabilecek AM eğitiminin özüdür.

Kurs/Eğitim Öğrenme Çıktıları: Bu kursu/eğitimi başarıyla tamamlayan öğrenciler/katılımcılar aşağıdakileri yapabileceklerdir:			
Hayır	Öğrenme Çıktıları		
1	İşlem sonrası yöntemleri bilmek ve AM teknolojisi için uygun yöntemleri belirlemek		
2	AM standartlarını bilir ve maliyet birimlerini dikkate alarak maliyet analizi yapılabilir		
3	İleri AM Teknikleri, malzemeler, AM'de yapay zeka ve çevresel ve sosyal etkiler hakkında bilgi sahibi olmak		
4	AM makinesini kurmak, AM üretim adımlarını planlamak ve AM makinesini hazırlamak, tüm üretim dizisini kontrol etmek ve gerçekleştirmek		
5	Parça çıkarma, destek çıkarma, zımparalama ve gerekli ikincil işlemleri gerçekleştirir		
Haftalık Detaylı Kurs/Eğitim İçeriği			
Hafta	Konular (haftalık zamanlar x saat)	Çalışma Materyalleri	Malzemeler
1	İşlem Sonrası Yöntemler: Yüzey iyileştirme yöntemleri, Isıl İşlem, Destek Kaldırma, Son İşlem vb. (3x3)	[Metin1,2]	[Ref1], [Ref6]
2	AM Standartları ve Maliyet Analizi: Standardizasyon ve maliyet tahmini (malzeme, enerji, işletme vb.) (1x3)	[Metin1,2]	[Ref1]
3	İleri AM Teknikleri: AM'de Yapay Zeka, Mikro-Nonao Baskı, Biyo-baskı, 4D Baskı, Hibrit AM, FGM ve Akıllı Mataryeller, çevresel ve sosyal etkiler (2x3)	[Metin1,2]	[Ref7]
4	Pratik Uygulama 1: Üretim Planlama ve Hazırlama, endüstriyel ve iş vakası modelleri, Süreç Optimizasyonu ve Simülasyonu, Makine Operasyonu, hammadde işleme (yükleme ve boşaltma vb.) (5x6)	[Metin1,2]	
5	Pratik Uygulama 2: Atölye Üretimi, İşlem Sonrası, Test ve Muayene, AM makinesi ve ünitelerinin bakımı(6)	[Metin1,2]	

Tablo 6. İleri Seviye AM Kursu İleri Seviye AM Kursu için öğrenme çıktıları ve AM konularının listesi

5. YAYGINLAŞTIRMA FAALİYETLERİ

İspanya Kaynak Federasyonu tarafından İspanya'da düzenlenen 25. Kaynak ve Birleştirme Teknolojileri seminerinde, sektör profesyonelleri, araştırmacılar ve paydaşlar arasında bilgi paylaşımı, işbirliği ve ağ oluşturmayı kolaylaştırmak için bir eklemeli üretim çalıştayı ve konferansı düzenlendi. Bu etkinlik, projenin ilerlemesini yaygınlaştırmayı ve fikir alışverişi ve en iyi uygulamalar için bir platform oluşturmayı amaçlamıştır. Eklemeli imalat çalıştayı ve konferans katılımcıları KOBİ'ler ve diğer büyüklükteki şirket temsilcileri, AM Profesyonelleri, Mühendisler ve eğitmenlerdi.

CEF (Coşkunöz Eğitim Vakfı) Program Yöneticisi Vesile Bahtiyar ve Gazi Üniversitesi Profesörü Oğuzhan Yılmaz konuşmacı olarak yer aldı. Bir AB projesi olan Address for Future projesindeki gelişmelere odaklanan sunumda, eğitim, istihdam gereksinimleri ve sürdürülebilir bir üretim teknolojisi olarak Eklemeli İmalatın geleceğine ilişkin görüşler ve çözümler paylaşıldı. Proje kapsamında Eklemeli İmalat alanında çalışan kurumların beceri gereksinimlerinin belirleneceği, entegre bir eğitim müfredatı tasarlanacağı ve hazırlanan

müfredatın çevrimiçi bir platform üzerinden bu alanda meslek edinmek isteyen herkesin erişimine açılacağı aktarıldı.

Yaklaşık 200 kişinin katıldığı ADdress etkinliğinde 151 katılımcı yer almış ancak sadece 96 imza alınabilmiştir. Etkinlik, proje için değerli geri bildirim ve girdi sağlamıştır. Anket sonuçları, stratejik çerçeve raporu ve eğitimde mevcut durum ile beklenen durum arasındaki uçurum katılımcılara sunulmuş ve katılımcılardan büyük ilgi görmüştür.



Şekil 1. Bir Yaygınlaştırma Faaliyeti Olarak Konferans Sunumu

6. SONUÇLAR

Sonuç olarak, ADdress for Future Projesi'nin üçüncü çalışma paketi, eklemeli imalat (AM) uluslararası karşılaştırmalı müfredat analizine ve AM teknolojilerinin eğitim müfredatına entegrasyonuna odaklanmıştır.

Amaç, alanın dinamik yapısı ve sürekli güncelleme ihtiyacı nedeniyle geleneksel eğitim programları tarafından tam olarak karşılanamayan AM endüstrisindeki uzman profesyonellere yönelik güçlü talebi karşılamaktır.

Bu çalışmanın amacı, AM teknolojilerinin eğitim müfredatına entegre edilmesine odaklanan uluslararası karşılaştırmalı bir müfredat analizi yapmaktır. Araştırma, dünya çapında farklı üniversitelerde sunulan AM derslerini, programlarını ve modüllerini inceleyerek AM eğitimindeki en iyi uygulamaları, zorlukları ve boşlukları tespit etmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamlı analiz, AM teknolojilerinin eğitim müfredatına etkin bir şekilde entegre edilmesi için değerli bilgiler ve öneriler sunmaktadır.

AB ülkelerindeki üniversiteleri, kurumları ve kolejleri kapsayan AM derslerini ve mevcut müfredatları araştırmak için kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Bu müfredat kütüphanesi ile birlikte Kurs Kimlik Belgeleri (CID), AM kurslarının güncel konuları ve odak noktaları hakkında değerli bilgiler sağlamıştır.

AM eğitiminde çok önemli olan öğrenme çıktıları, AM strateji raporundan ve boşluk-uygunluk-analizinden elde edilmiştir. Bu analiz, mevcut durumu belirlenen ihtiyaçlarla karşılaştırmayı ve önerilen AM müfredatına dahil edilecek gerekli öğrenme çıktıları ve AM konularını belirlemeyi amaçlamıştır.

Bu projenin çalışma paketinin hedef kitlesinin üniversite öğrencilerinin ötesine geçerek, AM konusunda eğitim almak ve sektörde istihdam fırsatları elde etmek isteyen NEETS'i (İstihdamda veya Eğitimde Olmayanlar) de içerdiğini belirtmek önemlidir. Bu, projenin AM eğitimini daha geniş bir birey yelpazesi için erişilebilir kılma konusundaki kararlılığını vurgulamaktadır.

Bu WP'nin ana çıktıları aşağıdaki gibidir.

1. AB ülkeleri arasındaki üniversiteler, kolejler ve kurumlardan AM müfredatları araştırılmış ve toplanmıştır.
2. Toplanan AM müfredatları içerik, AM odağı, teknoloji odağı ve eğitim seviyeleri açısından değerlendirilmiştir.
3. Tutarlılığı ve uyumluluğu sağlamak için, AB üniversitelerinin ders kataloglarında belirtilen kriterlere uygun olarak, AKTS, haftalık programlar, ödevler ve daha fazlası gibi unsurları içeren bir Ders Kimlik Belgesi (CID) hazırlanmıştır. Bu belge, AM müfredatlarının düzenlenmesi ve yapılandırılması için bir çerçeve görevi görmüştür.
4. Öğrenme çıktıları ve AM konuları, AM strateji raporu çıktılarından ve anket sonuçlarından çıkarılmıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, müfredatlarda ele alınacak kilit alanların belirlenmesine olanak sağlamıştır.
5. AM müfredatlarındaki önemli noktaları, ihtiyaçları, boşlukları ve gerekli eylemleri değerlendirmek için bir matris yaklaşımı kullanılarak bir boşluk-uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, müfredatların AM endüstrisinin mevcut durumu ve gelecekteki talepleri ile uyumlu hale getirilmesini amaçlamıştır.
6. AM eğitiminin üç seviyesini içeren modüler bir CID önerilmektedir: (1) Başlangıç, (2) Orta ve (3) İleri. Bu modüler yaklaşım, öğrenenler/öğrenciler için aşamalı bir öğrenme deneyimi sağlayarak gerekli bilgi ve becerileri yapılandırılmış bir şekilde edinmelerine olanak tanır.

Elde edilen çıktılar, uluslararası kaynak ve birleştirme konferansının 'Eklemeli İmalat' başlıklı özel oturumunda sunuldu. Oturumu 200'den fazla katılımcı dinledi ve detaylar akademisyenler ve sektör temsilcileriyle paylaşıldı. Ayrıntılar ve bulgular akademisyenler ve endüstri temsilcileriyle de paylaşılarak işbirliği teşvik edildi ve AM müfredatlarının eğitim kurumlarına ve endüstri uygulamalarına entegrasyonu desteklendi.

Genel olarak, bu çalışma paketi mevcut eğilimleri belirleyerek, boşlukları ele alarak ve yüksek kaliteli ve güncel müfredatın geliştirilmesi için rehberlik sağlayarak AM eğitiminin ilerletilmesinde önemli bir rol oynamıştır. AM eğitimini sektörün ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirerek ve sürekli eğitim fırsatları sağlayarak proje, AM sektörünün büyümesine ve rekabet gücüne katkıda bulunurken, aynı zamanda bireylere bu gelişen alanda başarılı olmak için gerekli becerileri kazandırmaktadır. Mevcut AM müfredatlarının değerlendirilmesi ve analizine odaklanan iş paketinin (WP) başarıyla tamamlanmasının ardından, Address for Future projesi bir sonraki önemli aşamalara doğru ilerliyor. Önümüzdeki iş paketleri, Katmanlı İmalat (AM) müfredatının geliştirilmesi ve uygulanmasını daha da geliştirmeyi amaçlayan Beceri Haritalama ve Eğitim Müfredatı Tasarımlarıdır.

Ek 3: AM Kursları Kurum Listesi

Ek 4. Seçilen Konular Seçilen Konular Uygunluk-Öncelik ve Uygulanabilirlik Analizi

Ek 5. Kurs Kimlik Belgeleri

Ek 6. Müfredat Seviyesine Dayalı Önemli Noktalar Belgesi



addressforfuture.com