

## RESURSDAN MAKSİMUM İSTİFADƏ: SƏNAYE PROSESLƏRİNDƏ MATERIALDAN İSTİFADƏNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİ ARTIRMAQ ÜÇÜN İNTEQRASIYALI İŞ-ÇƏRÇİVƏSİ

**Nəcimbəyli Xəzər Ruhəddin oğlu** – müəllim, Sənaye mühəndisliyi kafedrası, Bakı Mühəndislik Universiteti, xanacimbayli@beu.edu.az

**Xursudov İlqar Vüqar oğlu** – baş müəllim, Sənaye mühəndisliyi kafedrası, Bakı Mühəndislik Universiteti, ixursudov@beu.edu.az

**Xülasə.** Materiallardan səmərəli istifadə müasir cəmiyyətin qarşısında duran mühüm problemdir. Dayanıqlı resursların idarə edilməsinə ehtiyac getdikcə aktuallaşır və tullantıların azaldılması və materialdan istifadənin səmərəliliyinin artırılması bu məqsədə çatmaq üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. Materialdan istifadə səmərəliliyi (MİS) istehsal, istehlak və utilizasiya proseslərində material ehtiyatlarından istifadə sisteminin effektivliyinin ölçüsüdür. Məqalədə müxtəlif sənaye sahələrində, o cümlədən istehsal, tikinti və enerji sahələrində materialdan istifadənin səmərəliliyinin əhəmiyyəti müzakirə olunur. O, yeni materialların inkişafı, qabaqcıl istehsal prosesləri və dairəvi iqtisadiyyat prinsiplərinin inteqrasiyası kimi maddi səmərəliliyin artırılması ilə bağlı çətinlikləri və imkanları araşdırır. Məqalədə, həmçinin yaşam dövrünün qiymətləndirilməsi, səmərəliliyin təhlili və material axını təhlili daxil olmaqla, materialdan istifadənin səmərəliliyinin ölçülməsi üçün müxtəlif yanaşmalar araşdırılır. O, materialın səmərəliliyini qiymətləndirmək və qərar qəbul etmə proseslərinə rəhbərlik etmək üçün ölçülərin və göstəricilərin əhəmiyyətini vurğulayır. Əks etdirilən icmal məhsul dizaynı, prosesin optimallaşdırılması, material seçimi, təkrar emal və təkrar istifadə strategiyaları daxil olmaqla, materialdan istifadənin səmərəliliyinə təsir edən əsas amilləri müəyyən edir.

**Açar sözlər:** materialdan istifadə səmərəliliyi (MİS), dairəvi iqtisadiyyat, istehsalın optimallaşdırılması

## MAXIMUM RESOURCE USAGE: AN INTEGRATED FRAMEWORK FOR IMPROVING MATERIAL USE EFFICIENCY IN INDUSTRIAL PROCESSES

**Najimbayli Khazar Ruhəddin** – lecturer, Industrial Engineering department, Baku Engineering University, xaacimbayli@beu.edu.az

**Khurshudov Ilgar Vugar** – senior lecturer, Industrial Engineering department, Baku Engineering University ixursudov@beu.edu.az

**Summary.** Efficient use of materials is an important problem facing modern society. The need for sustainable resource management is becoming increasingly urgent, and reducing waste and increasing material efficiency are vital to achieving this goal. Material utilization efficiency (MUE) is a measure of the efficiency of the system of using material resources in production, consumption and disposal processes. The article discusses the importance of material efficiency in various industries, including manufacturing, construction, and energy. It explores the challenges and opportunities for improving material efficiency, such as the development of new materials, advanced manufacturing processes and the integration of circular economy principles. The article also examines different approaches to measuring material use efficiency, including life cycle assessment, efficiency analysis, and material flow analysis. It emphasizes the importance of metrics and indicators to evaluate material efficiency and guide decision-making processes. The resulting review identifies key factors influencing material use efficiency, including product design, process optimization, material selection, recycling and reuse strategies.

**Keywords:** material usage efficiency (MUE), circular economy, production optimization

**Giriş.** Su, torpaq, meşələr, vəhşi təbiət və minerallar kimi təbii ehtiyatların məsuliyyətli və davamlı istifadəsi, mühafizəsi və qorunması təbii ehtiyatların idarə edilməsi adlanır [4]. Dünyada cəmiyyətlərin davamlı inkişafı təbii ehtiyatların səmərəli idarə olunmasından asılıdır. Bu ədəbiyyat icmalının məqsədi təbii sərvətlərin idarə edilməsinin faydalarına dair tədqiqatların xülasəsini təqdim etməkdir. Sənaye proseslərinin və iqtisadiyyatın uzunmüddətli inkişafı üçün həlledici problem resursların optimal istifadəsindədir. Resurslardan hasilatı optimallaşdıran və israfın qarşısını alan şəkildə istifadəsi resurs utilizasiyası adlanır. Effektiv resursların idarə edilməsi təkcə iqtisadiyyata fayda vermir, həm də sənaye fəaliyyətinin yaratdığı ekoloji problemlərin qayğısına qalır [9].

Təhlillərimiz göstərir ki, MİS-in təkmilləşdirilməsi resursların qorunması, ətraf mühitin mühafizəsi və iqtisadi qənaət baxımından əhəmiyyətli faydalar verə bilər. Bununla belə, MİS-də mənalı təkmilləşdirmələrə nail olmaq texniki, iqtisadi və sosial amillərin kompleks qarşılıqlı təsirini nəzərə alan hərtərəfli yanaşma tələb edir [6]. Biz belə nəticəyə gəlirik ki, MİS davamlı inkişaf söylərində ön sıralarda olmalıdır və biz bu mühüm tədqiqat sahəsini inkişaf etdirmək üçün gələcək tədqiqat və siyasət tədbirləri üçün tövsiyələr veririk.

**Material və metodlar.** Bu tədqiqat əsasən istehsal proseslərinə yönəlib. Bəzi hallarda təkrar emal fəaliyyətləri istehsalda o qədər də səmərəli olmur. Çünki israf edilmiş plastiklər yalnız kiçik bir faizlə təkrar emal edilə bilər. Əks təqdirdə, son məhsulun keyfiyyəti bu prosedə təsirlənəcəkdir [1]. Karbonlu materialların sintezi üçün plastik təkrar emalının potensialı Rodrigo A. Munoz Meneses və digərləri tərəfindən yazılmış "Plastik təkrar emal və onların karbonlu materialların sintezi üçün xammal kimi istifadəsi" nəşrində araşdırılmışdır. Müəlliflər plastik zibillərin ətraf mühitə təsiri və ondan qurtulmağın cari üsulları, o cümlədən təkrar emal, yandırma və zibilliyə atma üsullarını ümumi nəzərdən keçirməklə bu işə başlayırlar [10].

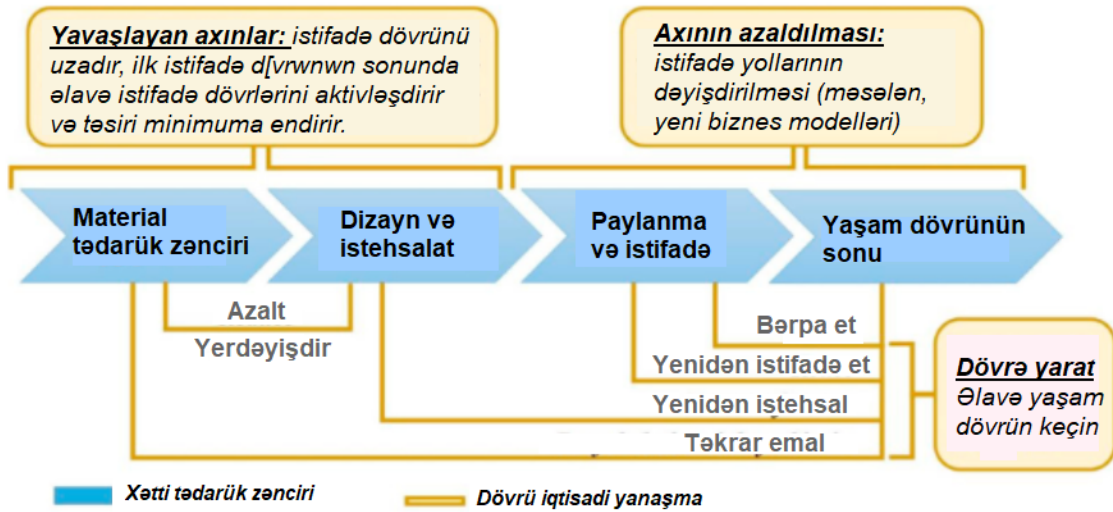
Karbonlu birləşmələrin sintezi üçün potensial xammal tədarüku kimi müəlliflər daha sonra plastik tullantıların təkrar emalına diqqət yetirirlər. Onlar müxtəlif plastik təkrar emal üsullarını, o cümlədən mexaniki təkrar emal, kimyəvi emal və termal təkrar emal, eləcə də onların üstünlükləri və çatışmazlıqlarını nəzərdən keçirirlər. Müəlliflər həmçinin effektiv ayırma və çeşidləmə texnologiyalarının zəruriliyini, eləcə də təkrar emal üçün düzgün plastik tullantı axınlarının seçilməsinin vacibliyini vurğulayırlar [4].

**Müzakirələr.** Aktivləşdirilmiş karbon, karbon nanoborucuqları və qrafenin yaradılması da daxil olmaqla plastik tullantılardan karbonlu birləşmələrin sintezi daha sonra müəlliflər tərəfindən nəzərdən keçirilir. Onlar karbonlu materialların sintezi üçün başlanğıc nöqtəsi kimi plastik tullantılardan istifadənin faydalarını, onun ətraf mühitə mənfə təsirlərini azaltmaq yollarını və ucuz karbon mənbəyini təklif etməyi nəzərdən keçirirlər [10]. Son olaraq müəlliflər karbonlu materialların sintezi üçün başlanğıc nöqtəsi kimi plastik zibildən istifadənin çətinliklərini və potensial faydalarını araşdırırlar. Onlar təkrar emal prosedurlarının təkmilləşdirilməsi və plastik tullantılardan karbonlu materialların yaradılması məqsədi ilə təzə, qabaqcıl metodların işlənilib hazırlanması üçün əlavə tədqiqatların aparılmasının zəruriliyini diqqət çəkirlər.

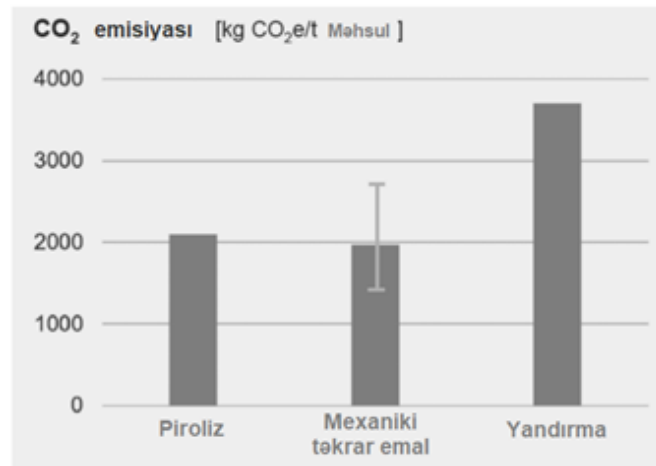
Göstərilən məqalə həmçinin plastik təkrar emalına əsaslanan dövrü iqtisadiyyata diqqət yetirir və bu prosesi idarə etmək üçün bəzi fəaliyyətləri təhlil edir. Fəaliyyətlər arasındakı əlaqə Şəkil 1-də nümunə olaraq verilmişdir.

Ümumilikdə, qeyd edilən tədqiqat plastik təkrar emalı və onun karbonlu materialların yaradılması potensialı ilə bağlı anlayışımızın səviyyəsinin hərtərəfli qiymətləndirilməsini təklif edir. Müəlliflər karbonlu materialların sintezi üçün başlanğıc nöqtəsi kimi plastik zibildən istifadənin ekoloji və maliyyə üstünlüklərini vurğulamaqda yaxşı bir iş ortaya qoyurlar və bu strategiyanın təqdim etdiyi çətinliklər və imkanlar haqqında dərin məlumat təklif edirlər [10]. Jean-Paul Lange tərəfindən yazılmış "Plastik Tullantıların İdarə Edilməsi: Çeşidləmə, Təkrar Emal, Utilizasiya və Məhsulların Yenidən Dizaynı (Managing Plastic Waste: Sorting, Recycling, Disposal, and Product Redesign)" məqaləsi bu mövzuda ən son araşdırmaların dərin təhlilini təqdim edir [5]. Müəllif plastik zibillərin idarə edilməsində çətinlikləri təhlil edir və bu problemin həlli üçün yaradılmış çoxsaylı yanaşmaların xülasəsini verir. Tədqiqat göstərir ki, CO<sub>2</sub> emissiya dərəcəsi bir təkrar emal üsulundan

digərinə dəyişir. Jean-Paul Lange bu nisbəti çox diqqətlə araşdırmışdır və “Şəkil 2” bu barədə kifayət qədər məlumat verir.



**Şəkil 1.** Dövrü iqtisadiyyatın fəaliyyəti. InnovateUK tərəfindən diaqrama uyğunlaşdırılmış təhlil [10]



**Şəkil 2.** Poliolefinlər üçün istifadə müddəti bitən məhsulların müxtəlif ssenarilərinin CO<sub>2</sub> emissiyaları (səhv zolağı keyfiyyət və itkilərin çeşidlənməsinin müxtəlif ssenarilərini əks etdirir) [5]

Ümumilikdə, qeyd edilən tədqiqat plastik təkrar emalı və onun karbonlu materialların yaradılması potensialı ilə bağlı anlayışımızın səviyyəsinin hərtərəfli qiymətləndirilməsini təklif edir. Müəlliflər karbonlu materialların sintezi üçün başlanğıc nöqtəsi kimi plastik zibildən istifadənin ekoloji və maliyyə üstünlüklərini vurğulamaqda yaxşı bir iş ortaya qoyurlar və bu strategiyanın təqdim etdiyi çətinliklər və imkanlar haqqında dərin məlumat təklif edirlər [10]. Jean-Paul Lange tərəfindən yazılmış "Plastik Tullantıların İdarə Edilməsi: Çeşidləmə, Təkrar Emal, Utilizasiya və Məhsulların Yenidən Dizaynı (Managing Plastic Waste: Sorting, Recycling, Disposal, and Product Redesign)" məqaləsi bu mövzuda ən son araşdırmaların dərin təhlilini təqdim edir [5]. Müəllif plastik zibillərin idarə edilməsində çətinlikləri təhlil edir və bu problemin həlli üçün yaradılmış çoxsaylı yanaşmaların xülasəsini verir. Tədqiqat göstərir ki, CO<sub>2</sub> emissiya dərəcəsi bir təkrar emal üsulundan digərinə dəyişir. Jean-Paul Lange bu nisbəti çox diqqətlə araşdırmışdır və “Şəkil 2” bu barədə kifayət qədər məlumat verir.

Məqalə plastik tullantılar probleminin əhatə dairəsini və plastik tullantıların çirklənməsinin ətraf mühitə, iqtisadiyyata və cəmiyyətə mənfi təsirlərini təsvir etməklə başlayır. Müəllif plastik tullantıların idarə olunması üçün istehsaldan tutmuş utilizasiyaya qədər plastiklərin bütün yaşam dövrünü nəzərə alan hərtərəfli və inteqrasiya olunmuş strategiyanın zəruriliyini vurğulayır. Plastik tullantıların ətraf mühitə təsirini həmçinin bu məqalədən başqa bir çox məqalədə də əsas maraq nöqtəsi kimi görə bilərik [8]. Müəllif daha sonra plastik tullantıların idarə edilməsi üçün yaradılmış məhsulların yenidən dizaynı, çeşidlənməsi, təkrar emalı və utilizasiyası kimi müxtəlif yanaşmaları nəzərdən keçirir. O, hər bir taktikanın üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını təsvir edir və müxtəlif vəziyyətlərdə necə istifadə edildiyinə dair nümunələr təqdim edir. Müəllif daha sonra plastik zibillərin təkrar emalındakı çətinliklərə, o cümlədən zibilin toplanması və çeşidlənməsi üçün səmərəli sistemlərin zəruriliyinə, tərkibində plastik olan tullantı axınlarının mürəkkəbliyinə və mövcud təkrar emal üsullarının məhdudiyətlərinə diqqət yetirir. Kimyəvi təkrar emal və bioloji parçalanma bilən polimerlər kimi qabaqcıl təkrar emal texnologiyalarının vədi müəllif tərəfindən müzakirə edilir və o, bu sahədə tədqiqat və inkişafın əhəmiyyətini də vurğulayır [5].

Bundan əlavə, müəllif davamlı istehlak vərdişlərini, eko-dizayn prinsiplərinin tətbiqini və dövrü iqtisadiyyat modellərinin yaradılmasını təşviq etməklə məhsul dizaynının plastik tullantıların azaldılmasına necə kömək edə biləcəyini araşdırır. Müəllif uğurlu məhsulun yenidən dizayn təşəbbüslərinin nümunələri ilə maraqlı tərəflərin dizayn prosesində iştirakının dəyərini göstərir [5]. Nəhayət, müəllif plastiklərin bütün yaşam dövrünü nəzərə alan və bütün sahələrdən maraqlı tərəfləri özündə birləşdirən plastik zibillərin idarə olunması üçün hərtərəfli və əməkdaşlıq strategiyasının zəruriliyinə diqqət çəkir. Müəllif plastik zibillərin atılmasının ekoloji cəhətdən təmiz üsullarının təşviqində qanunvericiliyin və qaydaların əhəmiyyətini vurğulayır. Ümumilikdə, tədqiqat plastik zibillərin idarə edilməsində ən müasir vəziyyətin hərtərəfli təhlilini təklif edir. Müəllif əlçatan olan çoxsaylı həll yollarını onların üstünlükləri və çatışmazlıqları ilə birlikdə məharətlə izah edir və plastik zibillərin idarə olunması ilə bağlı potensiallar və çətinliklər haqqında dərin məlumat verir. Məqalə plastik tullantıların idarə olunması ilə maraqlanan tədqiqatçılar, sənaye ekspertləri və siyasətçilər üçün dəyərli vasitədir [5].

Metal məmulatlarının aşqar istehsalı üzrə biliklərin vəziyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi V.V. Zhukov, G.M. Grigorenko və V.A. Shapovalov tərəfindən yazılmış “Metal məmulatları üçün aşqar istehsalı (icmal)” adlı nəşrdən verilmişdir. Müəlliflər mövzuya aşqar istehsalı ideyasını və onun mürəkkəb formalar yaratmaq və tullantıları minimuma endirmək qabiliyyəti kimi adi istehsal üsullarının üstünlüklərini təsvir etməklə başlayırlar [11]. Müəlliflər daha sonra təbəqə laminasiyası, yönəldilmiş enerji çöküntüsü, bağlayıcı püskürtmə və toz yatağı füzyonu kimi metal məhsulları yaratmaq üçün istifadə edilə bilən bir çox aşqar istehsalı texnikasını nəzərdən keçirirlər. Onlar hər bir texnologiyanın necə istifadə olunduğuna, eləcə də onun üstünlükləri və çatışmazlıqlarına dair nümunələr verir.

Metal məmulatların aşqar istehsalının üzləşdiyi əsas məsələlər, məsələn, daha yaxşı material xüsusiyyətlərinə, səth keyfiyyətinə və ölçü dəqiqliyinə olan tələblər müəlliflərin əsas diqqət yetirdiyi sahələrdir. Onlar prosesin parametrlərinin optimallaşdırılmasının və hər bir tətbiq üçün uyğun materialların seçilməsinin əhəmiyyətini vurğulayırlar. Müəlliflər, həmçinin funksional dərəcəli materialların yaradılması və bir çox materialın bütöv bir hissədə birləşməsi üçün aşqar istehsalının potensialını qeyd edirlər. Onlar funksional dərəcəli materiallar ilə bağlı çətinliklərdən danışıq və onların bir neçə sahədə istifadəsinə dair nümunələr verirlər [11]. Müəlliflər qeyd edilən mövzunu metal məmulatların istehsalı üçün gələcəkdə aşqar istehsalının potensial istifadəsi haqqında danışaraq bitirirlər. Onlar aşqar istehsalı materiallarını və metodlarını təkmilləşdirmək, həmçinin aşqar istehsalı üçün yeni bazarlar və tətbiqlər yaratmaq məqsədi ilə daha çox araşdırmaya ehtiyac olduğunu vurğulayırlar.

Bütövlükdə, hesabat metal məmulatların aşqar istehsalını başa düşməyimiz üçün hərtərəfli təhlil təklif edir. Müəlliflər hal-hazırda əlçatan olan müxtəlif aşqar istehsalı üsullarının, onların üstünlükləri və çatışmazlıqları ilə birlikdə dərin izahatlarını təklif edir və aşqar sənayesində metal məhsulunun üzləşdiyi əsas çətinlikləri vurğulayırlar. Tədqiqatçılar, mühəndislər və aşqar istehsalı mövzusu ilə maraqlanan digər mütəxəssislər üçün məqalə dəyərli mənbədir [11].

Bu fikrə əlavə olaraq, məhsulların dizaynının materialdan istifadə nisbətlərinə təsir etdiyini göstərmək lazımdır [3]. Xüsusilə metal emalı müəssisələrində bu çox vacibdir. Metal istehsal proseslərinin modelləşdirilməsi, optimallaşdırılması və dizayn üsullarına dair biliklərin vəziyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi Guoqing Zhang, Zejia Zhao və Wai Sze tərəfindən yazılmış "Metal istehsal proseslərinin modelləşdirilməsi, optimallaşdırılması və dizayn metodu haqqında xüsusi buraxılış" nəşrində verilmişdir. Məqalə bu mövzuya həsr olunmuş İstehsalat və Materialların Emalı Jurnalının xüsusi buraxılışına giriş kimi xidmət edir [3].

Müəlliflər metal istehsal proseslərinin əhəmiyyətini və onların optimallaşdırılması və dizaynı ilə bağlı çətinlikləri təsvir etməklə başlayırlar. Onlar metal istehsal proseslərinin davranışını proqnozlaşdırmaq və onların səmərəliliyini artırmaq üçün mürəkkəb modelləşdirmə və simulyasiya üsullarına olan tələblərə diqqət cəlb edirlər. Müəlliflər daha sonra metal istehsal prosesləri üçün mövcud olan sonlu element təhlili (finite element analysis – FEA), hesablana bilən maye dinamikası (Computational fluid dynamics – CFD) və diskret element metodu (Discrete element method – DEM) kimi müxtəlif modelləşdirmə və simulyasiya üsullarını nəzərdən keçirirlər. Onlar hər bir texnikanın üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını təsvir edir və onların müxtəlif metal istehsal proseslərində necə istifadə edildiyinə dair nümunələr verir.

Müəlliflər daha sonra metal istehsal prosesləri üçün eksperimental üsulları və optimallaşdırma alqoritmlərinin dizaynına diqqət yetirirlər. Onlar metal istehsal proseslərinin nə dərəcədə yaxşı işləməsinə təsir edən kritik dəyişənləri başa düşməyin və istənilən nəticəni əldə etmək üçün onları optimallaşdırmağın əhəmiyyətini vurğulayırlar. Müəlliflər həmçinin metal istehsal prosesləri üçün dizayn üsulları kimi çoxməqsədli optimallaşdırma və topologiyanın optimallaşdırılması üzərində işləyirlər. Onlar bu texnikaların üstünlüklərini təsvir edir və onların müxtəlif sahələrdə necə istifadə edildiyinə dair nümunələr verirlər [3].

Müəlliflər yekunda multidissiplinar tədqiqat və əməkdaşlığın dəyərini vurğulayaraq, onun metal istehsal prosesləri üçün modelləşdirmə, optimallaşdırma və dizayn yanaşmaları sahəsində necə irəliləyiş əldə edəcəyini vurğulayırlar. Tədqiqat ümumiyyətlə metal istehsal prosesləri üçün modelləşdirmə, optimallaşdırma və dizayn üsulları üzrə biliklərin vəziyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsini təklif edir. Müəlliflər mövcud olan bir çox texnika və onların tətbiqi ilə bağlı dərin izahatlar, həmçinin bu sektorun üzləşdiyi əsas çətinliklər və imkanlar haqqında faydalı məlumatlar təklif edirlər. Metal istehsal mövzusu ilə maraqlanan tədqiqatçılar, mühəndislər və sənaye ekspertləri həmin məqaləni dəyərli mənbə kimi dəyərləndirə bilərlər.

**Nəticə.** "Materialdan istifadənin səmərəliliyi (MİS)" termini tullantıları azaltmaq və resursdan səmərəli istifadə etməklə məhsuldarlığı artırmaq məqsədi ilə istehsal prosesində istifadə olunan materialların optimallaşdırılmasını təsvir edir. Materialların əsas girişi olduğu istehsal, tikinti və nəqliyyat kimi sektorlarda materialdan səmərəli istifadə çox vacibdir. Materiallardan istifadənin səmərəliliyi istehsalın ətraf mühitə zərərli təsirlərini minimuma endirmək üçün çox vacibdir, bunu davamlı və ekoloji cəhətdən təmiz istehsal proseslərinin inkişafı sübut edir.

Prosesin təkmilləşdirilməsi, yenidən emal, təkrar istifadə və tullantıların azaldılması kimi müxtəlif strategiyalar materialdan səmərəli istifadəyə səbəb ola bilər. Proseslərin optimallaşdırılması materialdan istifadəni azaltmaq və məhsuldarlığı artırmaq üçün istehsal prosedurlarının təkmilləşdirilməsini nəzərdə tutur [7]. Materialların yenidən emalı və təkrar istifadəsi xərcləri və tullantıları azaltmaq və resurslara qənaət etmək üçün dayanıqlı bir yoldur. Tullantıların azaldılması üsulları səmərəli dizayn, prosesin optimallaşdırılması və materialın əvəzlənməsi vasitəsilə tullantıların ortaya çıxmasının azaldılmasını nəzərdə tutur.

Materiallardan səmərəli istifadə ekoloji davamlılıqdan kənara çıxan çoxsaylı üstünlüklərə malikdir. Materiallardan səmərəli istifadə xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə azalda, resursların idarə edilməsini artırır, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırır və tədarük zəncirinin pozulması ehtimalını azalda bilər. Bununla belə, materialdan səmərəli istifadənin təmin edilməsi biznes, icra hakimiyyəti və tədqiqat institutları arasında əməkdaşlığı nəzərdə tutan hərtərəfli və inteqrasiya olunmuş strategiyaları tələb edir [2].

Davamlı istehsal və emalın əsas komponenti resurslardan səmərəli istifadədir. Materiallardan tam potensialından istifadə etmək ətraf mühitə və iqtisadiyyata, o cümlədən daha az karbon

emissiyası, xərclərə qənaət və istehsalın artmasına müsbət təsir göstərə bilər. Bu, səmərəli material istehlakına nail olmaq üçün davamlı təcrübələrin, qabaqcıl texnologiyaların və müxtəlif maraqlı tərəflər arasında əməkdaşlığın adaptasiyasını tələb edir.

## References

1. Anelí Bongers, Pablo Casas. 2022. The circular economy and the optimal recycling rate: A macroeconomic approach. *Ecological Economics*. 199 107504. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107504>
2. Damola Ikeoluwa Akano, Winifred Ijomah, James Windmill. 2021. Stakeholder considerations in remanufacturability decision-making: Findings from a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 298. 126709. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126709>
3. Guoqing Zhang, Zejia Zhao, Wai Sze Yip. 2022. Special Issue on Modeling, Optimization and Design Method of Metal Manufacturing Processes, *Processes*, 10, 2461. <https://doi.org/10.3390/pr10112461>
4. Ichiro Tsuchimoto, Yuya Kajikawa. 2022. Recycling of Plastic Waste: A Systematic Review Using Bibliometric Analysis. *Sustainability* 14,16340. <https://doi.org/10.3390/su142416340>
5. Jean-Paul Lange. 2021. Managing Plastic Waste Sorting, Recycling, Disposal, and Product Redesign. *ACS sustainable Chemical Engineering*, 9, 15722-15738. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c05013>
6. Julian M. Allwood, Michael F. Ashby, Timothy G. Gutowski, Ernst Worrell. 2011. Material efficiency: A white paper. *Resources, Conservation and Recycling*. (55) 362-381. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.002>
7. Khalid Mustafa, Kai Cheng. Improving production changeovers and the optimization: A simulation based virtual process approach and its application perspectives. 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27-30 June 2017, Modena, Italy. *Procedia Manufacturing* 11 (2017) 2042-2050. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.356>
8. Mikaël Kedzierski, Dominique Frère, Gwénaél Le Maguer, Stéphane Bruzaud. Why is there plastic packaging in the natural environment? Understanding the roots of our individual plastic waste management behaviours. 740 (2020) 139985. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139985>
9. Niaoer Yao, Michal Fabus, Lifeng Hu, Fangbin Qian. 2023. Resource efficiency and economic sustainability in APEC: Assessing the financial sector's role. *Resources Policy*. 85. 103963. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103963>
10. Rodrigo A. Munoz Meneses, Cerardo Cabrera-Papamija, Fiderman Machuca-Martínez, Luis A. 2022. Rodríguez, Jesús E. Diosa, Edgar Mosquera-Vargas. Plastic recycling and their use as raw material for the synthesis of carbonaceous materials. *Heliyon* (8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09028>
11. Zhukov V.V., Grigorenko G.M., Shapovalov V.A. 2016. Additive manufacturing of metal products-REVIEW. *The Paton Welding Journal*, No. 5-6. 2. <https://doi.org/10.15407/tpwj2016.06.24>
12. Wojciech Bozejko, Anna Burduk, Jaroslaw Pempera, Mieczyslaw Wodecki. 2019. Optimization of production process for resource utilization. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 19.1-8. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2019.07.002>

*Məqaləyə istinad: Nəcimbəyli X.R., Xurşudov İ.V. Resursdan maksimum istifadə: sənaye proseslərində materialdan istifadənin səmərəliliyini artırmaq üçün inteqrasiyalı iş-çərçivəsi. Elmi əsərlər/ Scientific works, AzMIU, s.144-149, N1, 2024*

*For citation: Najimbayli K.R., Khurshudov I.V. Maximum resource usage: an integrated framework for improving material use efficiency in industrial processes. Scientific works/ Elmi eserler. AzUAC, p.144- 149, N1, 2024*

Redaksiyaya daxil olma/Received 8.09.2023

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 8.01.2023