

## Dördüncü Sanayi Devriminin Gemi İnşa Sanayinde İş Sağlığı ve Güvenliği Üzerine Etkileri

Aytek Güngör<sup>1</sup>, Barış Barlas<sup>2</sup>

aytek.gungor@stm.com.tr<sup>1</sup>, barlas@itu.edu.tr<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret AŞ, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

### ÖZET

Gemi inşası; tasarım, tedarik, inşa, donatım, boya, montaj, denetim ve test süreçleri ile oldukça karmaşık ve zengin bir ürün değer zincirine sahiptir. Bu süreçler ve ilgili faaliyetler, belli zaman kısıtlarına uyacak şekilde genellikle sıkışık aralıklarda yürütülür ve tamamlanırlar. Doğası gereği ağır ve tehlike işler kapsamında sayılan bu sanayi alanında her yıl büyük maddi ve manevi kayıplara sebep olan pek çok kaza ve meslek hastalığı ile karşılaşmaktadır.

Otonom üretim makinelerinin nesnelere interneti ve büyük veri analizi ile kendi kararını verebildiği, geleneksel tek elden yönetilen üretim sistemi yerine tam entegre, otomatik ve optimize üretim akışını temel alan ve özünde "Akıllı Fabrika" idealinin gerçekleştirilmesi olan Dördüncü Sanayi Devrimi, diğer tüm üretim alanlarında olduğu gibi gemi inşasını pek çok yönden değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu yaklaşımın; tersane iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risklerin azaltılmasında yeni ufuklar açacağı bir gerçektir.

**Anahtar kelimeler:** Gemi İnşası, Endüstri 4.0, Akıllı Fabrika, İş Sağlığı ve Güvenliği, Akıllı Cihazlar.

**Makale geçmişi:** Geliş 09/05/2019 – Kabul 27/06/2019

# Effects of the Fourth Industrial Revolution on Occupational Health and Safety in Shipbuilding

Aytek Güngör<sup>1</sup>, Barış Barlas<sup>2</sup>

aytek.gungor@stm.com.tr<sup>1</sup>, barlas@itu.edu.tr<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret AŞ, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

## ABSTRACT

Shipbuilding has a quite complex product value chain with design, procurement, construction, outfitting, painting, assembly, assessment and trials. These processes and related activities are executed in general within restricted periods adhering to specific milestones. Each year many occupational accidents and diseases are encountered at this dangerous branch of industry resulting in not only dramatic non-fatal injuries and deaths but also financial losses.

The Fourth Industrial Revolution comprises autonomous production robots also called “cyber physical systems” that are capable of making decisions utilizing Internet of Things (IoT) and big data analysis, incorporation of wide spread, fully integrated, automatic and optimized production management philosophy and realization of the Idea “Smart Factory”. This new paradigm has the potential to change the nature of shipbuilding just like any other industrial branches and is expected to be a nexus to new solutions for neutralizing occupational risks faced during shipbuilding processes.

**Key words:** Shipbuilding, Industry 4.0, Smart Factory, Occupational Health and Safety, Smart Devices.

**Article history:** Received 09/05/2019 – Accepted 27/06/2019

## 1. Giriş

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) en basit tanımıyla; belli bir iş mahalinde, işçi sağlığı ve güvenliğini tehlikeye atma potansiyeli bulunan unsurların tanımlanması, tespit edilmesi ve kontrol altına alınması uğraşdır. Bu açıklama, uzun yıllar boyunca süregelen sosyal, politik, teknolojik ve ekonomik değişikliklerden büyük ölçüde etkilenmiş ve kapsamı buna bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Alli, 2008). Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) 2017 yılında yapmış olduğu rapora göre dünyada her yıl iş kazaları ve iş hastalıkları sonucunda 2,78 milyon işçinin hayatını kaybettiği belirlenmiştir. Bu ölümlerin yaklaşık %86'sı iş

hastalıklarından, kalan %14'ü iş kazalarından kaynaklanmaktadır. Bu hastalıklar ve kazalar ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıllarının yaklaşık %4'üne mal olmaktadır (Pavon, 2018).

Dördüncü Sanayi Devrimi; birbirine ve ürünlere nesnelere interneti ile bağlı olan ve siber fiziksel sistemler adı verilen otonom üretim robotları, üç boyutlu yazıcılar, yapay zeka, akıllı sensörler ve büyük veri analizi gibi üretimi temelinden değiştirebilecek pek çok kavramı içermektedir. Üretimde makineleşmenin artması, bu yaklaşımın doğal bir sonucu olarak görülse de öngörülebilen gelecekte insan faktörü silinmeyecek, makineler ile omuz omuza daha yakın çalışmalarının önünü açacaktır. Dördüncü Sanayi Devriminin ürün değer zinciri, verimlilik, üretimin yapısı, teknoloji ve insan toplulukları üzerinde meydana getireceği sosyal, kültürel ekonomik etkileri üzerine pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen iş sağlığı ve güvenliği konusunda sahip olduğu olumlu veya olumsuz potansiyel üzerine yeterli sayıda akademik çalışma bulunmamaktadır. Nitekim bu yeni yaklaşım ile kişisel iş güvenliği teçhizatlarının da hatırı sayılır ölçüde değişime uğrayacağı öngörülmektedir. Gemi inşası; içerdiği karmaşık süreçler, sürekli yoğun şekilde hissedilen süre ve bütçe kısıtları, tehlikeli saha faaliyetleri gibi sebepler ile büyük riskler taşıyan bir ağır sanayi koludur. Endüstri 4.0'ın; gemi inşasında sürekli bir korku unsuru haline gelmiş olan havuzlama operasyonları, tekne inşası, yüzey hazırlama, boyama, kaynak ve sıcak işçilik, kazan tamiri, boru ve makine montajı gibi faaliyetler esnasında karşılaşılan kazalar ve hastalıklara yeni teknolojik önlemler getireceği ve istenmeyen durumların önüne geçilebileceği düşünülebilir.

## **2. Dördüncü Sanayi Devrimi ve Gemi İnşası**

Ahşap, kompozit, çelik gibi pek çok malzemeden farklı yöntemler kullanılarak üretilen gemi ve deniz araçları; genel olarak ticari, askeri ve gezinti amaçlı kullanılır. Tersanecilik faaliyetlerinin temel ilgi alanı ve dolayısıyla iş sağlığı ve güvenliği açısından en büyük riski çelik gemi inşası içerir. Bu sebepten ötürü bu çalışmada çelik gemi inşası incelenecektir. Çelik gemiler, ürün merkezli iş kırılım yapısı denilen bir yöntemle inşa edilir ve bu metot genellikle blok inşa tekniği olarak tanımlanır. Gemilerin tasarımı yapılır, gerekli malzeme ve teçhizat tedariği ile inşa edilir, donatılır, boyanır, test edilir ve yasal otoriteler ve akredite üçüncü taraf denetim kuruluşlarınca denetlenir.

Gemi inşası; jiglerin imalatı ve akabinde ilk sacın kesimi ile başlar. Panel atölyesinde çelik levhalardan panel imal edilir. İmalat atölyelerinde panel, yapısal elemanlar ile birleştirmeleri ile blok parçaları inşa edilir. Kızak yakınında belirli alanlarda blok parçalarından blok adı verilen ara ürünler oluşturulur. Bloklar; tersane kapasitesi ve üretim stratejisine göre kızağa konmadan önce değişen oranlarda boru, faundayşın, kablo yolu, kablo, yalıtım malzemeleri ile donatılır, belirli makineler alınır ve kızağa konur. Kızak üzerinde blok montajı, donatımı ve sıcak işlem, izolasyon işçiliği ve boya işi tamamlandıktan sonra ana tahrik sistemi ve diğer makineler gemiye alınır. Üst bina monte edilir, gemi denize indirilir ve sonrasında gerekirse kalan işler tamamlanmak üzere havuzlanır. Makineler ve donanım devreye alınır, sahilden elektrik basılır, liman ve deniz kabul testleri yapılır ve testlerin başarı ile tamamlanması sonucunda ürün alıcıya teslim edilir.

Genel anlamda kullanılan 'Endüstri Devrimi' terimini detaylı incelediğimizde, günümüze kadar gelen süreçte üç kısma ayrılabilirliğini görmekteyiz. Birinci Sanayi Devrimi, 18. Yüzyıl sonlarına doğru buhar gücü ile çalışan dokuma tezgahlarının kullanılmasıyla başlar (ilk mekanik dokuma tezgahı, 1784). İkinci Sanayi Devrimine, elektrik enerjisi yardımı ile seri üretime başlanması ile geçildiği kabul edilir (ilk montaj hattı, 1870). Üçüncü Sanayi Devrimi, elektronik gereçler ve bilgi teknolojilerinin uygulanması ile üretimin

otomatize edilmesi ile geçilir (ilk programlanabilir mantık kontrol sistemi, 1969). Bunlara ek olarak yakın zamanda endüstri literatürüne, veri ile fiziksel dünya ve makine ile insan arasında internet bağı ile yoğun bir işbirliğini öngören Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) eklenmiştir (Ang et al., 2016a). Endüstri 4.0, 2011 yılında "Almanya'nın dünyadaki büyük bir üretim gücü olarak yerini muhafaza etmesi için" geliştirilen ileri teknoloji strateji projesi olarak karşımıza çıkmıştır. Temel olarak Endüstri 4.0 Devrimi; Nesnelerin İnterneti (IoT), Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), veri, makine ve insanların birlikte etkin bir şekilde kullanılması ile geleneksel tek elden yönetilen üretim sistemi yerine tam entegre, otomatik ve optimize üretim akışını temel alan ve buna bağlı olarak daha yüksek verim ve insanlar ile makineler arasında daha yakın üretim ilişkileri kurulmasını hedef alan yaklaşımdır. Endüstri 4.0 devriminin temel hedefi, Akıllı Fabrika idealinin gerçekleştirilmesidir (Ang et al., 2016b).

Üretim, verimlilik ve karlılık üzerine getireceği pek çok yeniliğin yanı sıra tüm ürün değer zinciri üzerinde kökten bir değişim öngören Dördüncü Sanayi Devriminin, iş gücü üzerine de büyük etkileri olacaktır. Bunlardan belki de en önemlisi; prekarya sınıfının kapsamını ve belki de etkinliğini arttıracak olmasıdır. İngiliz iktisatçı, akademisyen Guy Standing'in "Prekarya: Yeni Tehlikeli Sınıf" isimli kitabında Prekarya'yı; güvenilir bir işi olmayan, her an karlılık adına işine son verilebilecek, istikrarsız ve kendini tehlikede hisseden, dünyanın pek çok ülkesine yayılmış milyonlarca insanı kapsayan grup olarak nitelendirmiştir (Standing, 2017).

Gemi İnşası 4.0; gemi inşa ürün değer zincirindeki tüm aşamaların dijitalleşme ve akıllı üretim kapsamında dönüştürülmesi, paydaşlar arasında daha hızlı ve yakın ilişki, tasarımda iyileştirme, geminin dijital ortamda üretim benzetiminin yapılması, iş akışının optimize edilmesi, tekrarlanan faaliyetlerin otomasyonu, üç boyutlu yazıcıların yaygın kullanımı olarak değerlendirilebilir. "Tersane 4.0", "Akıllı Tersaneler", "Akıllı Gemi İnşası" olarak farklı isimlerle de adlandırılabilen süreçte bazı firmalar önemli adımlar atmış, kimisi harekete geçmeyi planlamakta, kimisi de bu fikirden uzak kalmayı düşünmektedir (Stanić, 2018).



**Şekil 1.** Panel İmalatı Kaynak Otomasyonu (PEMA, n.d.).

Gemi inşa süreci, genel hatları ile bir montaj endüstrisi olarak düşünülebilir. Bu açıdan bakıldığında otomasyon ve/ya da robot kullanımının sektörde payının artırılması, verimlilik ve üretim hacmi üzerinde kayda değer bir yükselme sağlayacağı kolaylıkla öngörülebilir. Gemilerin genellikle kendi isterlerine göre

tasarlandıkları düşünülürse dizayn ve üretim dokümanlarının oluşturulmasında otomasyonun öncelikli olmadığı düşünülebilir. Bununla beraber markalama, sac-profil kesme ve konumlandırma, panel imalatı (Şekil 1), blok parçaları kaynaklı birleştirme işlemleri, boru ön imalatı, raspa, boya ve koruyucu kaplama, taşıma, boyut kontrolü ve muayeneleri; otomasyon ve robot kullanımının gemi inşasında esas uygulama alanlarıdır. 2000 yılından günümüze kadar olan dönemde gemi inşası için teknolojik gelişim seviyesi için; tümüyle yenilenmiş, 3000 tona kadar varabilen ultra blokların imal edilebildiği, 800 ton üzerinde kapasitesi olan Goliath kreynlerin kullanıldığı, en azından kaynak süreçlerinin otomatize edildiği seviye öngörülmesi olmasına rağmen bu aşamaya küresel olarak pek az tersane ulaşabilmiştir (Pachura, 2011).

### **3. Gemi İnşasında Karşılaşılabilecek İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Faktörleri**

Gemi inşası ve tamirinde tehlikeli faaliyet ve görevler için sağlık ve emniyet gereksinimleri; Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) "Gemi İnşası ve Tamirinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kodu" Uygulaması Madde 9'da detaylı bir şekilde verilmiştir (ILO, 2019). Bu kural setinde belirtilen ve gemi inşa sanayinde karşılaşılan kazalar ve hastalıkları genel olarak incelediğimizde ortaya çıkan tablo, tüm bu üzücü hadiselerin temelinde bilgisizlik, eğitimsizlik, dikkatsizlik, kişisel koruyucu donanımların kullanımı konusunda yeterli hassasiyetin gösterilmemesi bulunmaktadır. Gemi inşa projelerinde sürekli hissedilen zaman ve para kaygıları da hesaba katılınca durum daha vahim hale gelmektedir.

#### **3.1. Havuzlar ve Havuzlama Operasyonları**

Havuzla alma veya havuzdan çıkma, oldukça riskli faaliyetler barındırmaktadır. Bunlardan bazıları; kreynlerin istenmeyen şekilde harekete geçmesi, havuzla su basılması esnasında dip ve borda valf ve dreynlerinin operasyon dışı açılmasıdır. Uçucu sıvı taşıyan tankerlerin havuzla alınmadan önce uygun şekilde boşaltım, inertleme, temizleme ve havalandırma işlemlerine tabi tutulmaması büyük tehlike oluşturur. Havuzlanan teknenin topraklanmamasından kaynaklanan elektrik kaçakları, geminin yangın sisteminin sahile bağlanmaması, sahilten gemiye bağlanan geçici boru, hortum ve elektrik kablolarının merdiven, iskele veya benzeri tarafından desteklenmemesi ve kabloların iskele ve geçişlerden belli bir mesafeye konumlandırılmaması büyük tehlike arz etmektedir (ILO, 2019a).

#### **3.2 Çelik Tekne İnşası**

Blok inşası ve kızaküstü montaj esnasında pek çok kaza meydana gelmektedir. Blok, perde, kapı ve diğer devrilebilecek yapılara ait desteklerin izinsiz kaldırılması ile bu yapıların devrilmesi, burkulması veya çökmesi, dümen bosası, şaft braketleri ve benzer yapıların montajı esnasında uygun destek teçhizat ve yapıların kullanılmaması, güverte altına monte edilen fittinglerin uygun şekilde sabitlenmemesi işçiler için büyük tehlike yaratabilir. İnşa ve montaj esnasında kullanılan teçhizatın günün sonunda açıkta bırakılması, profil eğme makinelerinde kilit düzeneğinin bulunmaması, kaynak yapılan parçaların uygun şekilde konumlandırılmaması ve sabitlenmemesi, sıcak işçilik esnasında oluşabilecek riskler, yük taşıyan yapısal elemanların kesme, delme gibi işlemler ile zayıflatılması, üretilen yapıların mapa ve jigler gibi kaldırma parçaları ile taşınması esnasında oluşabilecek kazalar tekne inşasında karşılaşılabilecek bazı risklerdir (ILO, 2019b).

### 3.3 Yüzev Hazırlık ve Koruma

Kimyasal ve toksik malzemelerden kaynaklı iş kazaları ve mesleki hastalıklara tersanelerde sıklıkla rastlanmaktadır. Yüzev temizleme işlemi sırasında kullanılan kimyasallardan kaynaklanan zehirlenmeler, yayılan buharın kişisel koruyucu donanımın olmaması neticesinde solunması ve vücuda temas etmesi, yangın riski, kimyasal boya ve koruyucuların cilde ve gözlere verebileceği zararlar, güç üniteleri ve basınçlı düzeneklerden kaynaklanabilecek kazalara sıklıkla rastlanmaktadır. Raspa işlemi, iş güvenliği açısından büyük risk teşkil etmektedir. Serbest silika içeren raspa kumunun tekrar kullanılması (kapalı sistemler hariç), bu kumun yanma ve patlama riski taşıması halinde atıkların birimesinin önlenmemesi, kumun solunması, raspa işleminde kullanılan hortum ve fittinglerin statik elektriği yalıtacak şekilde olmaması, hortumların uygun şekilde sabitlenmemesi bunlardan bazılarıdır. Raspa işlemlerini yapan personelin göğüs radyografisi dahil olmak üzere periyodik tıbbi muayeneye tabi olmaması ileride büyük mesleki hastalıklara sebep olabilmektedir (ILO, 2019c).

### 3.4 Boyama

Boya işlemleri, özünde dikkatsizlik, tedbirsizlik ve ihmali barındıran pek çok üzücü hadiseyi de beraberinde getirmektedir. Zehirli buharları solunması, göz hasarı, ciğer ve deride tahribat, solventlere uzun süreli maruziyetin yaratabileceği meslek hastalıkları bunlardan öne çıkanlarıdır. Yanıcı, parlayıcı ve zehirli boya­ların taşıdığı riskler hakkında faaliyeti yapacak işçinin bilgilendirilmemesi, boya karıştırılan yerlerin yeterince havalandırılmaması, sigara içme, kıvılcım saçan cihazlar gibi riski kazaya dönüştürebilecek ihmaller ayrıca dikkati çekmektedir. Boya yapılan mahalde patlamaya dayanıklı donanımın kullanılmaması, uygun yangın söndürme gereçlerinin bulunmaması, sprey boyama esnasında uygun nefes alma düzeneklerinin işçiye sağlanmaması, elektrik kablolarının ve yalıtımın uygun durumda olduğunun kontrolünü sağlayacak yetkin bir personel bulunmaması bunlardan bazılarıdır. Yanlışlıkla sızan veya damlayan boya ve diğer kaplama malzemesinin hemen temizlenmemesi, kullanılmadığı durumda bu malzemenin uygun şekilde depolanmaması ve iş bitiminde kaldırılmaması, boya, solvent ve tiner boş kutularının uygun şekilde uzaklaştırılmaması da boya işlemi kaynaklı kaza ve hastalık etmenlerine örnek verilebilir (ILO, 2019d).

### 3.5 Kaynak, Alevli Kesim, Sıcak İşçilik

Kaynağa maruz kalacak personelin uygun giysi, baret, gözlük, yüz ve göz koruyucu gibi gereçlere sahip olması gerekir. Kaynak, alevli kesim ve sıcak işçilik esnasında sıklıkla elektrik çarpmaları, radyasyon, kapalı mahallerde kaynak dumanı, ses ve titreşim kaynaklı kaza ve hastalıklara rastlanmaktadır. Özellikle kaynak dumanının uzaklaştırılması için uygun havalandırma sistemlerinin bulunmaması büyük risk oluşturmaktadır. Yangına karşı gerekli önlemler bulunmaması (yangın söndürücüler ve yapısal önlemler), kaynağın yapıldığı zeminde su birikintileri oluşması, cürufun ve fazla metalin temizlenmesi esnasında işçilerin uygun kişisel koruyucu donanımın kullanmaması, kaynak ya da sıcak işçilik yapılacak mahallerde patlayıcı gaz bulunmadığına dair kontrollerin yapılmaması diğer unsurlarıdır. Oksi asetilen kaynak yapılırken basıncın uygun şekilde ayarlanamaması ve silindir, manifold, hortum ve kaynak meşalelerinden kaynaklanan hususlara dikkat edilmelidir. Elektrik ark kaynağında çarpılma kaynaklı kazalar, hasarlı kablolar ve deforme elektrotlar, yalıtım kaynaklı kazalar, ıslak zeminde kaynak yapılmaya çalışılması, elektrot tutucunun kullanılmadığı zamanlarda ortada bırakılması öne çıkmaktadır. Gaz elektrot kaynağında en

önemli konu ultraviyole ışınlarının yayınıdır. Bunlar ileride önemli meslek hastalıklarına sebep olabilmektedir (ILO, 2019e).

### 3.6 Kazan Montaj ve Tamiri, Boru ve Makine Montajı

Kazanlar; yüksek basınçlı sıvı ve gaz içeriği sebebiyle montaj ve tamirleri esnasında ciddi kazalara sebep olabilmektedir. Emniyet valflerinin her zaman kolayca açılabilir durumda olmaması, işçilerin sıcak su ile haşlanması, kazandan çıkan sıcak buhar, su, yağ ve diğer muhteviyat ile temas, kapama valflerinin yetkisiz kişilerce dikkatsizce açılması, kazan ile çalışan işçi bulunduğuna dair sürekli uyarıcı alarmin bulunmaması diğer önemli hususlardır. Boru valf, fitting ve boru kesiti ile çalışırken yeterli yalıtımın yapılmaması, sıcak buhar, su, yağ ve diğer muhteviyatın kaçıışı ayrıca dikkate alınmalıdır. Tahrik makineleri ile çalışırken bu makinelerin kaza ile çalışmasını önlemek için gerekli düzeneklerin bulunmaması ve bunların yetkisiz şekilde devre dışı bırakılması, güverte ırgatları ile çalışırken zincir durdurucularında yaşanacak işlev bozuklukları iş güvenliği açısından tehlike arz etmektedir (ILO, 2019f).

## 4. Endüstri 4.0'ın İSG Üzerine Potansiyel Etkileri

### 4.1. İnsan-Makine Etkileşimi

Dördüncü Sanayi Devrimi ile robotlar ile insanların daha yakın işbirliği öngörülmektedir. Mekatronik teknolojisinde yaşanan ilerlemelere dayanarak üretim robotlarının operatör ile temas ettiği anda durması ya da emniyet moduna girmesi böylece işçinin hayatını tehlikeye atmayacağı düşünülebilmektedir ancak robotun sivri ya da delici bir gereç ile donatıldığı durumlarda işçiye zarar verebilme potansiyeli yüksektir. İnsan ve makinenin daha yakın ilişkiler kurarak çalışması eskiden kabul edilebilir bir yaklaşım olmadığı değerlendirilmekte olup gerekli güvenli çalışma ortamının yaratılması ve antroposentrik yani insan merkezli makine insan etkileşiminin sağlanması ve gerekli standartların sağlanması ile bu mümkün görünmektedir. Bu standartların uygulanması için insan ile makinelerin birlikte çalıştığı birimlerin sınırlarının belirlenmesi, bölgelere ayrılması (sadece robot çalışma bölgesi, sadece insan çalışma bölgesi, insan-makine ortak çalışma bölgesi, iş birliği yapılmayan makine çalışma sahası), bu bölgelerin denetlenmesi ve kontrol edilmesini sağlayan optik bariyerler, yapısal ve emniyet birimleri önlemleri tanımlanması gerekmektedir. Belirtilen her bir bölge, optik bariyerler, emniyet önlemleri ve çalışma birimleri için genel olarak standartlar (ISO 10218-1, 12100, 14120, 13854, 13857, 13839-1, 14118, 13855; IEC 62046, 62046; ISO TS 15066 gibi) ile tasarlanmaktadır (Gualtlen, 2018).

Otonom robotlar gibi ileri üretim yöntemlerinin neden olabileceği yeni kazalara konvansiyonel risk analizi yöntemlerinin yeterli şekilde cevap verebilmesi olası görünmemektedir. Hali hazırda çeşitli standartlar tarafından çerçevesi çizildiği üzere otonom karar verme kapasitesine sahip robotların işlerini yaparken iş kazası risklerini belli tolere edilebilir bir seviyede tutacak şekilde programlanması gerekecektir. İnsanlar ile işbirliği yapan robotların işçi yaralanmaları ve ölümlerine sebep olabilecek durumlar konusunda bilinçli olması ve etrafında çalışan insanların güvenliğini ön planda tutması gerekecektir. Nesnelerin İnterneti ve büyük veri analizi ile fabrikada dönen bilgi akışından iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yararlanılması faydalı olacaktır. Bilgi geçmişi ve mevcut bilginin harmanlanması ile otonom, hızlı ve gerçek zamanlı karar verme süreçleri bu konuda büyük umut vaat etmektedir. Kablosuz iletişim ve izlemenin kazaların önlenmesi konusunda önemli bir yardımcı olacağı öngörülmektedir (Badri et al., 2018).

#### 4.2. Giyilebilir Akıllı Cihazlar

Giyilebilir akıllı cihazlar; özellikle ölümcül olmayan iş kazalarının önlenmesinde yükselen bir eğilim olarak karşımıza çıkmaktadır. Herhangi bir mavi yaka işçinin; onu izleyen iş yeri hekimi, iş güvenlik uzmanı, yönetici ya da kendi meslektaşlarına bilgi sağlayan, birbirine nesnelere interneti ve yapay zeka ile bağlanmış sensörler ve akıllı cihazlar ile donatılmış kıyafetleri giymesi, bu cihazların veri bulutuna bilgi sağlaması hayati önem taşıyacak bir teknolojinin kapısını açmaktadır. Bu kıyafetler; akıllı t-shirt, saat, baret, ayakkabı ya da gözlük olabilir. Bu yeni teknoloji, “bağlanmış işçi (connected worker)” terimini yaşantımıza sokmaktadır (Khan, 2018).

Düşme durumlarının tespitinde akıllı telefonların kullanılması, sahip oldukları ivmeölçerler sayesinde oldukça pratik bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Fiziksel etmenlere (titreşim, ses, ışık, ısı gibi) maruziyetin tespit ve takip edilmesinde yine akıllı telefonlar ve sensörlerin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Hidrokarbon, asit, nem gibi toksik maddelere maruz kalmanın engellenmesinde giyilebilir sensörlü cihazlar işçi sağlığının korunması ve iş kazalarının önlenmesinde yine büyük bir destek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sensörler ve giyilebilir akıllı cihazlar sadece izleyen personele ve buluta veri akışı sağlamakla kalmamakta aynı zamanda alarm vererek işçiyi uyarmaktadır. Duruş bozukluklarının takibi ve buna bağlı olarak gelişebilen hastalıkların önlenmesinde bu sensörlerin payı oldukça büyüktür (Pavon, 2018).

Özellikle ağır sanayide ve fabrikalarda, işçiler sıklıkla yoğun kas gücü gerektiren kaldırma gibi faaliyetleri gerçekleştirmek durumunda kalmaktadırlar. Bu esnada kas ve iskelet sistemlerine önemli derecede yük binmekte, onlarda iş kaynaklı kas-iskelet sistemi bozuklukları oluşmasına sebep olmaktadır. Bu bozuklukların sensörler tarafından takip edilmesi, işçinin vücuduna tehlikeli ölçüde yük binme durumunun büyük veri analizi tarafından değerlendirilmesi ve işçinin çalışma kolaylığını ve pozisyonlarını bozmayacak robotlar tarafından manuel ağır çabalar esnasında desteklenmesi, giyilebilir akıllı cihazlara ve robot-insan etkileşimine verilebilecek güzel örneklerdendir (Ranavolo, 2018).

#### 4.3. İzleme

İş yerine konulan gerçek zamanlı çoklu kamera ve olay tespit sistemi ile donatılan iş güvenliği mimarisinde, gerçekleşen olayın türü ve ciddiyeti konusunda kontrol istasyonuna bilgi verilir ve alarm verilerek anında müdahale mümkün kılınır. Kaza geçmişinin büyük veriye iletilmesi ve bu olayların istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile olayların risk şiddeti gerçekleşmeden değerlendirilebilir. Tespit sistemi görsel ya da görsel olmayan ivme ölçerlerden oluşabilir. Bu sistemde hareketli bileşenler tespit ve takip edilir, ivmeölçerler ile düşme vakalarının ciddiyeti hızlı bir şekilde değerlendirilerek müdahale belirlenir, çarpışan cisimler ve kişilerin hızları değerlendirilerek yine yardım ulaştırılır. Tüm bu veriler büyük veri analizi ile değerlendirilir ve gelecek vakalar için kullanılır (Triantafyllou, 2018).

#### 4.4. İletişim

Özellikle gemi inşası gibi çok tehlikeli sanayi kollarında iletişim; verimlilik ve güvenlik açısından hayati öneme sahiptir. Günümüzde beşinci nesil kablosuz bağlantı oldukça etkin ve kapsamlı olmasına karşı gemi inşaat blokları ve geniş kapalı alanlar gibi unsurlar sebebiyle gemi inşasında pek kullanışlı olmamaktadır. Güç kablosu bağlantısı (PLC) yöntemi gibi mevcut güç kablolarının telefon gibi kullanılması teknolojisi tümleşik



ve kesintisiz veri alışverişinin sağlanması amacını benimseyen Endüstri 4.0'ın oldukça etkin bir aracı olacaktır. İşçi sağlığını etkileyebilecek herhangi bir durumun hızlı bir şekilde ilgili kişilere her yerden bildirilmesini de mümkün kılacağı için iş sağlığı ve güvenliğinde yeni bir çığır açacaktır (Huh, 2018).

#### 4.5. Eğitim

Güvenlik brifingleri ve güvenlik tatbikatları döngüsü ile iyileştirilmeye çalışılan iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının, Endüstri 4.0 prensiplerinin üretimde uygulanmaya başlaması ile dijital ortamda geliştirilmesi planlanmaktadır. Dijitalleşen üretimin verimlilik üzerine getirilerinden yararlanmak isteyen bir paydaşın iş güvenliği konusunda da dijital atılımlarda bulunması gerekmektedir. İş yerinde teorik uygulamalar ile belirlenen prosedürlerin çeşitli sistemlerden (sanal gerçeklik gözlüğü, yapay zeka ile oluşturulan senaryolar, akıllı cihazlar ve sensörler) faydalanılarak kurulan oyunlar üzerine tatbik edilmesi ve işçilere bu şekilde eğitimler verilmesi, sonuçların kaydedilerek büyük veriye aktarılması gibi yöntemler, daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturacaktır (Gironimo, 2018).

#### 4.6. Dijitalleşmenin İşçi Sağlığına Olumsuz Etkileri

Üretim ve verimlilik üzerine olumlu etkileri yanı sıra dijitalleşmenin işçiler özellikle kadın, genç, göçmen ya da engelli çalışanlar üzerinde olumsuz yansımaları da söz konusudur. Bu işçi grupları yoğun şekilde dijitalleşmiş üretimden psikososyal ve fiziksel olarak etkileneceklerdir. Büyük veri, nesnelere interneti, sürekli izleme ve sensörlü saatler gibi akıllı cihazlar ile sıkıca gözetlenerek denetlenen işçi grupları üzerinde yoğun stres ve aşırı çalışma kaynaklı psikolojik problemler oluşacağı öngörülmektedir. Her hareketinin dijital olarak gözetlendiği ve dijital zorbalığa maruz kaldığını hisseden çalışanın bir nevi şiddet göreceği ve bu durumun da bazı zihinsel rahatsızlıklara sebep olacağı varsayılmaktadır. Her ne kadar eskiden yapılan ağır ve pis işlerin robotlar tarafından devralınması olumlu görünse de işlerinin alınması ve kendilerine yeni eğitimler ve sorumluluklar tanımlanması işçileri bir nevi depresyona sürükleyecektir (Moore, 2018).

### 5. Değerlendirme ve Sonuç

Yukarıda anlatılan gemi inşasında karşılaşılabilecek iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tehlikeler ve riskler, ve bu tehlikeleri bertaraf etmek için verilen önlemlerin bir karşılaştırılması yapılmıştır. Tersanelerde tehlike ve risklere karşılık gelen en uygun önlemler Tablo 1- Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 1'de havuzlar ve havuzlama operasyonları; Tablo 2'de çelik tekne inşası; Tablo 3'de yüzey hazırlama; Tablo 4'de boya; Tablo 5'te kazan montaj ve tamiri, boru ve makine montajı esnasında karşılaşılabilecek riskler ve Tablo 6'da kaynak, alevli kesim ve sıcak işçilik değerlendirilmiştir. Bu tablolarda; "İnsan-Makine Etkileşimi", "Giyilebilir Akıllı Cihazlar", "İzleme" "İletişim" ve "Eğitim" kolonları; her tabloda belirtilen operasyonlarda karşılaşılabilecek muhtemel iş sağlığı ve güvenliği risklerine çözüm olarak önerilmiştir. "Dijital Zorbalık" kolonu ise, risklere sunulan dijital çözümlerin adeta muhtemel yan etkisi olan işçi psikolojisine olumsuz etkilerini göstermektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi ya da Endüstri 4.0; otonom karar verebilen siber-fiziksel sistemler, nesnelere interneti, yapay zeka, üç boyutlu yazıcılar, büyük veri, yüksek insan-makine entegrasyonu gibi kavramlar ve bunların tümleşik kullanımı ile akıllı fabrika idealinin gerçekleştirilmesi amacı ile tanıtıldığı günden bu yana, önceki sanayi devrimleri gibi üretimin çehresini büyük ölçüde değiştirme potansiyeli olduğunu iş

dünyası, akademik ve politik çevrelere hissettirmektedir. Tıpkı selefleri gibi sadece verimlilik ve karlılık konularında değil, küresel olarak insan topluluklarını sosyo-ekonomik olarak da değiştireceği, toplumu yeniden yapılandıracağı da oldukça öngörülebilir bir gerçektir.

Gemi inşası; pek çok bileşenden oluşan büyük hacimli ürünleri, karmaşık ürün değer zinciri, çok sayıda paydaşı, belirli miatlara yetiştirme yarışı ile oldukça tehlikeli bir sanayi kolu olarak kabul edilir. Sürekli olarak iş kazası ve meslek hastalığı ile karşılaşılabilen gemi inşası da diğer endüstri kolları gibi bu yeni üretim felsefesini oldukça yakından takip etmektedir. Akıllı fabrika idealine benzer şekilde Akıllı Tersane fikrinin hayata geçirilebilmesi için pek çok çalışma yürütülmektedir.

Her ne kadar üretimde makineleşmenin, insan ve iş gücü üzerinde yıkıcı etkileri olabileceği düşünülse ve bu konu üzerinden sayısız çalışma yürütülse de sektörde karşılaşılan iş kazaları ve meslek hastalıklarına Endüstri 4.0 ile önemi artan insan-makine etkileşimi, giyilebilir akıllı cihazlar, izleme, iletişim, eğitim gibi kavramlarla büyük iyileştirmeler getireceği dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada değerlendirildiği üzere, özellikle eğitim amacıyla oluşturulan sanal benzetimler ve giyilebilir akıllı cihazlar, tersanelerde iş sağlığı ve güvenliğini tehlikeye atabilecek risklerin bertaraf edilmesi konusunda büyük fayda sağlayacağı açıktır. İş güvenliği adına sanal olarak sürekli izlenmenin işçi üzerinde yaratacağı dijital zorbalık ve iş güvensizliğinin etkileri de göz ardı edilmemelidir.

**Tablo 1.** Havuzlar ve Havuzlama Operasyonları Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Kreyinlerin istenmeyen şekilde harekete geçmesi	X		X		X	
Havuz su basılması esnasında dip ve borda valf ve dreynlerinin operasyon dışı açılması			X		X	
Tankların boşaltım, inertleme, temizleme ve havalandırma işlemleri esnasında karşılaşılabilecek kazalar		X	X	X	X	
Havuzlanan teknenin topraklanmamasından kaynaklanan elektrik kaçakları		X			X	
Geminin yangın sisteminin sahile bağlanmaması			X		X	
Sahilden gemiye bağlanan geçici boru, hortum ve elektrik kabloları kaynaklı kazalar			X		X	

**Tablo 2.** Tekne İnşası Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler.

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Bloklara, perde, kapı ve diğer devrilebilecek yapılara ait desteklerin izinsiz kaldırılması			X		X	
Dümen bosası, şaft braketi ve benzer yapıların montajı esnasında karşılaşılabilecek kazalar	X		X		X	
Güverte altına monte edilen fittinglerin uygun şekilde sabitlenmemesi			X		X	
İnşa ve montaj esnasında kullanılan donanımın açıkta bırakılması			X		X	X
Profil eğme makinelerinde kilit düzeneği kaynaklı kazalar	X		X			
Kaynak yapılan parçaların uygun şekilde konumlandırılmaması ve sabitlenmemesi			X		X	
Yük taşıyan yapısal elemanların kesme, delme gibi işlemler ile zayıflatılması			X		X	
Üretilen yapıların mapa ve jigler gibi kaldırma parçaları ile taşınması esnasında oluşabilecek kazalar	X		X		X	

**Tablo 3.** Yüzey Hazırlık ve Koruma Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler.

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Yüzey temizleme işlemi sırasında kullanılan kimyasallardan kaynaklanan zehirlenmeler		X			X	
Zehirli malzemelerin içerdiği yangın riski			X		X	
Kimyasal boya ve koruyucuların cilde ve gözlere verebileceği zararlar		X			X	
Güç üniteleri ve basınçlı düzeneklerden kaynaklanabilecek kazalar					X	
Raspa kumunun tekrar kullanılması			X		X	
Raspa kumunun yanma ve patlama riski taşıması halinde atıkların birikmesi			X		X	
Raspa işleminde kullanılan hortum ve fittinglerin statik elektriği yalıtacak şekilde olmaması					X	
Raspa hortumlarının uygun şekilde sabitlenmemesi			X		X	
Raspa işlemlerini yapan personelin periyodik tıbbi muayeneye tabi olmaması			X			

**Tablo 4.** Boyama Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler.

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Zehirli buhara maruziyetin yaratabileceği meslek hastalıkları		X	X		X	
Boya karıştırılan yerlerin yeterince havalandırılmaması		X	X			
Sigara içme, kıvılcım saçan cihazlar gibi riski kazaya dönüştürebilecek ihmaller			X		X	X
Boya yapılan mahalde patlamaya dayanıklı donanımın kullanılmaması			X		X	
Uygun yangın söndürme donanımının bulunmaması			X		X	
Sprey boyama esnasında oluşabilecek hastalıklar		X				
Elektrik kablolarının ve yalıtımının uygun durumda olmaması			X			
Yanlışlıkla sızan veya damlayan boya ve diğer kaplama malzemesinin hemen temizlenmemesi			X		X	X
Kullanılmadığı durumda boya malzeme ve teçhizatının uygun şekilde depolanmaması ve iş bitiminde kaldırılmaması			X		X	X
Boya, solvent ve tiner boş kutuları kaynaklı kazalar			X		X	X

**Tablo 5.** Kazan Montaj ve Tamiri, Boru ve Makine Montajı Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler.

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Kazan emniyet valflerinin her zaman kolayca açılabilir durumda olmaması			X			
İşçilerin sıcak su ile haşlanması, kazandan çıkan sıcak buhar, su, yağ ve diğer muhteviyat ile teması		X	X		X	
İzolasyon ve kapama valflerinin yetkisiz kişilerce dikkatsizce açılması			X		X	X
Kazan ile çalışan işçi bulunduğu ortaya çıkan iş kazaları			X		X	
Valflerin yetkisiz şekilde açılıp kapanması esnasında sıcak buhar, su, yağ ve diğer muhteviyatın kaçıışı sebebiyle kazalar		X	X		X	
Tahrik makinelerinin kazara çalışması kaynaklı kazalar	X		X			
Güverte ırgatları ile çalışırken zincir durdurucularında yaşanacak işlev bozuklukları	X		X			

**Tablo 6.** Kaynak, Alevli Kesim, Sıcak İşçilik Esnasında Karşılaşılabilecek Riskler.

Risk Faktörleri	İnsan-Makine Etkileşimi	Giyilebilir Akıllı Cihazlar	İzleme	İletişim	Eğitim	Dijital Zorbalık
Elektrik çarpmaları		X	X		X	
Radyasyon, kapalı mahallerde kaynak dumanı, ses ve titreşim kaza ve hastalıkları		X	X			
Havalandırma kaynaklı iş kazaları ve meslek hastalıkları		X	X		X	
Yangına karşı uygun önlemler bulunmaması (yangın söndürücüler ve yapısal önlemler)			X		X	
Kaynağın yapıldığı zeminde su birikintileri oluşması			X		X	
Kaynak ya da sıcak işçilik yapılacak mahallerde patlayıcı gaz bulunmadığına dair kontrollerin yapılmaması			X		X	
Silindir, manifold, hortum ve kaynak meşalelerinden kaynaklanan riskler			X		X	
Elektrik ark kaynağında çarpılma ve yalıtım kaynaklı kazalar, hasarlı kablolar ve deforme elektrotlar		X	X		X	
Elektrik ark kaynağında ıslak zeminde kaynak yapılması			X		X	
Elektrot tutucunun kullanılmadığı zamanlarda ortada bırakılması			X		X	X

## 6. Kaynaklar

Alli, O. B., (2008). *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*, Second Edition, International Labor Office, Geneva.

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms\\_093550.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_093550.pdf)

Ang, J. H., Goh, C., Li Y., (2016a). Smart Design for Ships in a Smart Product Through-Life and Industry 4.0 Environment, Fig.1, *Economic Development Board (EDB) of Singapore and Sembcorp Marine Ltd. under Industrial Postgraduate Programme (IPP) grant no: COY-15-IPP/140002.*

<http://eprints.gla.ac.uk/118544/1/188544.pdf>

Ang, J. H., Goh, C., Li Y., (2016b). Smart Design for Ships in a Smart Product Through-Life and Industry 4.0 Environment, pp.2-3, *Economic Development Board (EDB) of Singapore and Sembcorp Marine Ltd. under Industrial Postgraduate Programme (IPP) grant no: COY-15-IPP/140002.*

<http://eprints.gla.ac.uk/118544/1/188544.pdf>

Badri, A., et al (2018). Occupational Health and Safety in the Industry 4.0 Era: A cause for major concern?, *Elsevier, Industrial Engineering Department, School of Engineering, Université du Québec à Trois-Rivières*.  
[https://www.researchgate.net/publication/326127147\\_Occupational\\_health\\_and\\_safety\\_in\\_the\\_industry\\_40\\_era\\_A\\_cause\\_for\\_major\\_concern](https://www.researchgate.net/publication/326127147_Occupational_health_and_safety_in_the_industry_40_era_A_cause_for_major_concern)

Gironimo, G., et al (2018). Interactive Tools for Safety 4.0: Virtual Ergonomics and Serious Games in Tower Automotive, *Congress of the International Ergonomics Association, IEA 2018, Springer*.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96077-7\\_28](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96077-7_28)

Gualtlen, L., et al (2018). Application of Axiomatic Design for the Design of a Safe Collaborative Human-Robot Assembly Workplace, *Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Bolzano, MATEC Web of Conferences*.  
[https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2018/82/mateconf\\_icad2018\\_01003/mateconf\\_icad2018\\_01003.html](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2018/82/mateconf_icad2018_01003/mateconf_icad2018_01003.html)

Huh, J., et al (2018). Design of a Shipboard Outside Communication Network and Its Tested Using PLC: For Safety Management during the Ship Building Process, *Department of Software, Catholic University of Pusan, MDPI*.  
[https://www.researchgate.net/publication/325510466\\_Design\\_of\\_a\\_Shipboard\\_Outside\\_Communication\\_Network\\_and\\_Its\\_Testbed\\_Using\\_PLC\\_For\\_Safety\\_Management\\_during\\_the\\_Ship\\_Building\\_Process](https://www.researchgate.net/publication/325510466_Design_of_a_Shipboard_Outside_Communication_Network_and_Its_Testbed_Using_PLC_For_Safety_Management_during_the_Ship_Building_Process)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019), *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019a) Item 9.1 Docks and docking operations, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019b) Item 9.2 Hull construction, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019c) Item 9.3 Surface preparation and preservation, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019d) Item 9.4 Painting, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019e) Item 9.5 Welding, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

ILO Code of Practice Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (2019f) Item 9.6 Installation or repair of boilers, piping and ship machinery, *International Labour Organization (ILO) Revised Edition*.  
[https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS\\_618575/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_618575/lang--en/index.htm)

Khan, A. R., (2018). Feasibility Analysis of AI based Wearable Data-driven Solution for Safety and Health in Sweden, Master Thesis, KTH Royal Institute of Technology.

<http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1265394/FULLTEXT01.pdf>

Moore, V. P., (2018). The Threat of Physical and Psychosocial Violence and Harassment in Digitalized Work, *ACTRAV Bureau for Workers Activities*. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms\\_617062.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms_617062.pdf)

Pachura, P., (2011). The Economic Geography of Globalization, InTech, ISBN 978-953-307-502-0. [https://www.researchgate.net/publication/5223095\\_Globalisation\\_Economic\\_Geography\\_and\\_the\\_Strategy\\_of\\_Multinational\\_Enterprises](https://www.researchgate.net/publication/5223095_Globalisation_Economic_Geography_and_the_Strategy_of_Multinational_Enterprises)

Pavon, I., et al. (2018). Wearable Technology for Occupational Risk Assessment Potential Avenues for Applications, Universidad Politecnica de Madrid.

[https://www.researchgate.net/publication/324151695\\_Wearable\\_technology\\_for\\_occupational\\_risk\\_assessment\\_Potential\\_avenues\\_for\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/324151695_Wearable_technology_for_occupational_risk_assessment_Potential_avenues_for_applications)

PEMA Welding Automation (n.d.) Customer Stories: Seaspan's Vancouver Shipyard Selects PEMA Welding Automation Solutions, <https://pemamek.com/case/seaspans-vancouver-shipyard-selects-pema-welding-automation-solutions/>

Ranavolo, A., et al (2018). Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges—A Systematic Review, *International Journal of Environmental Research and Public Health, Department of Occupational and Environmental Medicine, Epidemiology and Hygiene*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30217079>

Standing, G., (2017). Prekarya - Yeni Tehlikeli Sınıf, 4. Baskı, İletişim Yayınları, İstanbul.

Stanić, V., Hadjina, M., Fafandjel, N., Matulja, T. (2018). Toward Shipbuilding 4.0 - An Industry 4.0 Changing the Face of The Shipbuilding Industry, *UDC 629.5.081 Review paper*. [https://www.researchgate.net/publication/325715397\\_Toward\\_shipbuilding\\_40-an\\_industry\\_40\\_changing\\_the\\_face\\_of\\_the\\_shipbuilding\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/325715397_Toward_shipbuilding_40-an_industry_40_changing_the_face_of_the_shipbuilding_industry)

Triantafyllou, D., et al (2018). A Real-Time, Multi-Space Incident Detection System for Indoor Environments, *Information Technology Institute*. <http://www.satisfactory-project.eu/satisfactory/wp-content/uploads/2017/12/A-Real-Time-Incident-Detection-System-Indoor-Environments.pdf>