

RÁCZ GÁBOR
SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK

RÁCZ GÁBOR
SZAKDOLGOZAT
Ipari képfeldolgozási célú LED megvilágítások alkalmazás-
technikája

Konzulens:

Dr. G. Szabó István
ügyvezető, OPTIKA Mérnökiroda Kft.

Témavezető:

Témavezető Dr. Antal Ákos
adjunktus, Mechatronika, Optika
és Gépészeti Informatika Tanszék

Budapest, 2015

Szerzői jog © Rác Gábor, 2015.



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Kar
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
D. épület 407. * www.mogi.bme.hu

SZAKDOLGOZAT FELADATKIÍRÁS (BSc)

52D 31/150

AZONOSÍTÁS	Név: Rácz Gábor	Azonosító: CALX07	
	Képzéskód: 2N-AMO	Specializáció kódja: 2N-AMO-OP	Specializáció megnevezése: Optomechatronika
	Szak: Mechatronikai mérnöki alapképzési szak	Zárvizsgát szervező tanszék: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika	
	Szakdolgozatot kiadó tanszék: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika	Témavezető: Dr. Antal Ákos, BAEBCA, adjunktus (antal.akos@mogi.bme.hu, 463-2412)	

FELADAT	Cím	Ipari képfeldolgozási célú LED megvilágítások alkalmazástechnikája
	Részletes feladatok	<ol style="list-style-type: none"> 1. Szakirodalmi és internetolcálak alapján tekintse át az ipari képfeldolgozásban előforduló megvilágítási feladatokat, a különböző megvilágítási igényeket, a megfelelő láthatóságot belovlyásoló tényezőket. a minél kontrasztosabb kép létrehozásának feltételeit 2. Szakirodalmi és internetolcálak alapján tekintse át az ipari képfeldolgozásban használt LED megvilágítók jellemző típusait, különös tekintettel a megvilágító fény struktúrájára, színére, fényáramára, a megvilágító méretére, az elektronikus tápigényére és más paramétereire! Vesse össze a különböző típuscsaládokat, szerkezeti kialakításokat, a megvalósított homogenitás és megvilágítás órtékeket! Értékelje a jelenlegi fejlesztési irányokat! 3. Végezzen kísérleteket különböző megvilágítókkal, vesse össze a kapott képeket, elemezze a megvilágítók illetve a különböző tárgyak paramétereinek a megjeleníteni kívánt kép-jellemző láthatóságával való össze függését! 4. Rendezze a különféle megvilágítókat azok alkalmazhatóságának szempontjából, a lapitson meg összefüggéseket a vizsgálandó tárgyak jellemzői, a láthatóság és megvilágító jellemzői között! 5. Tegyen javaslatot LED megvilágítók továbbfejlesztési lehetőségeire!
Hely	A szakdolgozat készítés helye: Optika Mérnökiroda Kft. 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33. Korzulens: Dr. G. Szabó István, ügyvezető (szabo.istvan@omi-optika.hu, 30/950-1135)	

ZÁRVIZSGA	1. zárvizsga tárgy(csoport)	2. zárvizsga tárgy(csoport)	3. zárvizsga tárgy(csoport)
	Mechatronika	Analog és digitális technika	Optomechatronika
	BMEGEFOAMM1 (3 kr) BMEGEFOAMM2 (3 kr)	BMEVIAUA009 (3 kr) BMEVIAUA010 (3 kr)	BMEGEFOAMO1 (2 kr) BMEGEFOAMO2 (3 kr) BMEGEFOAMG3 (3 kr)

HITELESÍTÉS	Feladat kiadása: 2015. szeptember 7.	Beadási határidő: 2015. december 11.	
	Összeállította:	Ellenőrizte:	Jóváhagyta:
	 témavezető	 tanszékvezető/tanszékvezető-h.	 dékán/dékanhelyettes
Alulírott, a feladatkiírás átvételével egyúttal kijelentem, hogy a szakdolgozat készítés c. tantárgy érvényesítését maradéktalanul teljesítettem. Ellenkező esetben tudomásul veszem, hogy a jelen feladatkiírás és a tárgy felvétele érvényét veszti.			
Budapesti, 2015. szeptember 7.		 hallgató	

NYILATKOZATOK

Beadhatósági nyilatkozat

A jelen szakdolgozat az üzem/intézmény által elvárt szakmai színvonalnak mind tartalmilag, mind formailag megfelel, beadható.

Kelt, 2015. december 11.

Az üzem részéről:

üzemi konzulens

Elfogadási nyilatkozat

Ezen szakdolgozat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara által a Diplomatervezési és Szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a nyilvános bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja: 2015. december 11.

témavezető

Nyilatkozat az önálló munkáról

Alulírott, *Rácz Gábor* (CALX07), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2015. december 11.

szigorló hallgató

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	xi
Jelölések jegyzéke	xii
1. Bevezetés.....	1
1.1. Célkitűzések.....	1
1.2. Áttekintés	1
1.2.1. Elvek és módszerek	1
1.2.1.1. Első módszer.....	1
1.2.1.2. Második módszer.....	1
1.2.2. Alapfeltevések	2
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. LED megvilágítás.....	3
2.2. LED működése	3
2.3. Alkalmazásuk.....	4
2.4. A LED megvilágítások előnyei	4
2.5. LED megvilágításokkal végzett kísérletek	4
3. LED megvilágítások rendszerezése	5
3.1. A megvilágítás szerkezetének tanulmányozása.....	5
3.1.1. Megvilágítási feladatok.....	5
3.1.2. A megvilágítás lehetőségei.....	5
3.1.3. Megvilágítási igények	6
3.1.4. Megfelelő láthatóságot befolyásoló tényezők.....	6
3.1.5. Mérési elrendezés	8
3.1.6. A kontrasztos kép készítésének feltételei.....	8
3.2. LED megvilágítások osztályozása	10
3.2.1. Jellemző LED megvilágítások típusainak áttekintése	10
3.2.2. Az összeállítás alapjának számító termékpalettát adó cégek.....	10
3.2.3. Kisugárzott hullámhossz szerinti osztályozás	11
3.2.4. Megvilágító jellege szerinti osztályozás	11
3.2.4.1. Megjegyzések a felépítés szerinti osztályozáshoz	12
3.2.5. Alkalmazás szempontjából történő osztályozás	12
3.2.6. Szerkezeti kialakítás szerinti csoportosítás	14
3.3. Jelenlegi fejlesztési irányok.....	19
4. Mérési feladat	20
4.1. A kitűzött mérési feladatok	20

4.1.1. A választott munkadarabok:.....	20
4.1.2. A mérési elrendezés.....	20
4.1.3. Megjegyzések a mérés leírásával kapcsolatban.....	22
4.2. A mérések.....	22
4.2.1. Első mérés	22
4.2.1.1. A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja.....	22
4.2.1.2. A mérés adatai.....	23
4.2.1.3. Eredmények.....	23
4.2.2. Második mérés	31
4.2.2.1. A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja.....	31
4.2.2.2. A mérés adatai.....	31
4.2.2.3. Eredmények.....	32
4.2.3. Harmadik mérés	36
4.2.3.1. A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja.....	36
4.2.3.2. A mérés adatai.....	36
4.2.3.3. Eredmények.....	38
5. Piackutatás.....	42
6. Összefoglalás/Eredmények értékelése.....	44
6.1. Eredmények.....	44
6.2. Javaslatok/Következtetések/Tanulságok	44
7. Felhasznált források	45
8. Summary.....	46
9. Melléklet.....	47

ELŐSZÓ

Érdeklődésem az optika iránt az Optomechatronika szakirány felé terelt. Dr. Antal Ákos tanár úr javaslatára kerestem fel az OPTIKA Mérnökiroda Kft.-t. A mérnökiroda Dr. G. Szabó István vezetésével elsősorban ipari képfeldolgozáshoz tartozó problémák megoldásával foglalkozik, így adott volt egy ehhez kapcsolódó téma.

Az ipari képfeldolgozás szinte kizárólagosan LED megvilágítókat használ. Ennek köszönhetően a jelenleg is sokszínű paletta, a LED technológia fejlődésével párhuzamosan, folyamatosan bővül. A képfeldolgozás során az egyik legfontosabb lépés a megfelelő, feldolgozandó kép elkészítése, ehhez viszont elengedhetetlen – a megfelelő kamerán kívül – a jó megvilágítás is. Egy szerencsésen kiválasztott fényforrás elősegíti a szignifikánsan jobb képek készítését, és ezáltal a képfeldolgozási feladatok nagyobb biztonságú és hatékonyabb kivitelezését.

A szakdolgozat célja a megfelelő LED megvilágítás kiválasztásának elősegítése, – így a képfeldolgozási eljárások hatékonyságának növelése - a jelenleg létező LED technológiák rendszerezése, elemzése által.

* * *

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. G. Szabó Istvánnak, aki észrevételeivel, tanácsaival segítette munkámat, valamint rendelkezésemre bocsátotta a dolgozat elkészüléséhez szükséges eszközöket. Továbbá témavezetőmnek, Dr. Antal Ákosnak az elmúlt évek során nyújtott segítségét, támogatását és útmutatását. Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar valamennyi oktatójának, dolgozójának azt a lelkiismeretes munkáját, amivel a hallgatók képzését, tanulását és a versenyképes tudás megszerzését támogatják.

Budapest, 2015. december 11.

Hallgató Neve

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

A táblázatban a többször előforduló jelölések magyar nyelvű elnevezése, valamint a fizikai mennyiségek esetén annak mértékegysége található. Az egyes mennyiségek jelölése – ahol lehetséges – megegyezik hazai és a nemzetközi szakirodalomban elfogadott jelölésekkel. A ritkán alkalmazott jelölések magyarázata első előfordulási helyükénél található.

Latin betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
E	megvilágítás	lx
I	fényerősség	cd
K	kontraszt	1
l	hosszúság	m
t	idő	s
	színhőmérséklet	K

Görög betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
λ	hullámhossz	m
ϕ	szög	°
Φ	fényáram	lm

Indexek, kitevők

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
max	a maximális érték
min	a minimális érték

1. BEVEZETÉS

1.1. Célkitűzések

A szakdolgozat célja a megfelelő LED megvilágítás kiválasztásának elősegítése, – így a képfeldolgozási eljárások hatékonyságának növelése - a jelenleg létező LED technológiák rendszerezése, elemzése által. Ez egyrészt a jelenlegi paletta, több szempontból történő rendszerezése alapján, másrészt ezen rendszerezés mérésekkel való bizonyításával történik.

1.2. Áttekintés

Szakdolgozatom alapvetően három elkülöníthető részre osztható. A vonatkozó szakirodalom áttekintése után az első fő feladat keretében, egy elméleti áttekintést, rendszerezést, és bemutatást végeztem a ma elérhető LED megvilágítás típusaival kapcsolatban, felépítési, használhatósági és ezeken túl további szempontok alapján. A második részben az általam elérhető LED megvilágítókkal kapcsolatos gyakorlati kísérleteket, méréseket, azok leírását, és az általuk kapott eredményeket értékelem ki. A harmadik részben pedig az általam kiküldött, a LED megvilágítók ipari felhasználásával kapcsolatos kérdőívre beérkezett válaszokat összegzem.

1.2.1. ELVEK ÉS MÓDSZEREK

1.2.1.1. Első módszer

A LED megvilágítók rendszerezését a témában szerzett jártasságom alapján, az általam fontosnak tartott szempontok alapján végeztem el.

1.2.1.2. Második módszer

A méréseket, rekonstrukciójukat és összehasonlíthatóságukat szem előtt tartva végeztem el. A kiértékelés során, a kísérlet jellegéből adódóan, számos összehasonlítható kép készül, ám ezek nagy része, szintén a jellegéből adódóan szabad szemmel is egyértelműen látható, minőségbeli különbségeket ad. A témában szerzett jártasságom alapján azokat a mérési adatokat emeltem ki, amelyek az optimális megvilágítás keresése szempontjából relevánsak lehetnek. Azonban, ezutóbbi esetekben az összehasonlításokat kivétel nélkül kiértékelésekkel, majd az azokból származó megalapozott eredményekkel tettem.

1.2.2. ALAPFELTEVÉSEK

Magát a képfeldolgozás sikerességét és minőségét rengeteg tényező befolyásolja, köztük a kamera minősége, a használt képfeldolgozó szoftver, a megírt program minősége. Szakdolgozatomban azonban ezeket ideálisnak feltételezve, a folyamatból csak a megvilágítást, az azt befolyásoló tényezőket, és közvetlen környezetét vizsgálom, úgy, mint a munkadarab adottságai, az elérhető fényforrások, a mérési elrendezés befolyása. A környezeti zavaró fényeket az általam elérhető legjobb módon igyekeztem kizárni. További feltétel, hogy a vizsgálandó munkadarab adott, azon semmiféle módosítás nem hajtható végre, tulajdonságai, úgy, mint szerkezeti kialakítása, anyagminősége és méretei, rögzítettek. Továbbá a tőlem telhető módon a legjobban, minden vonatkozó ismeretemet segítségül hívva végeztem el az adott feladat összeállítását és képrögzítő rendszer paramétereinek beállításait, így azokat, és ebből következőleg az elkészült képet is, optimálisnak feltételezem. Ezt az alapfeltevést szem előtt tartva, ezt alapul véve hasonlítom össze az egyes megvilágításokat.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

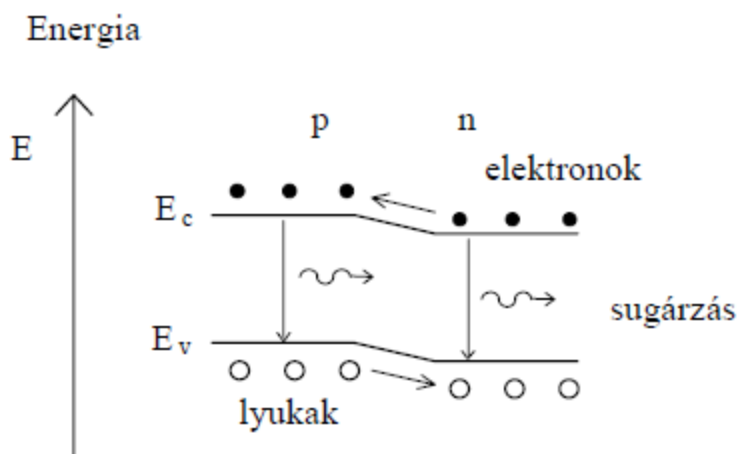
Az ebben a pontban található áttekintés a LED fényforrásokra vonatkozó általános információkat tartalmazza. A rendszerezéshez szükséges, nagyobb terjedelmű szakirodalmi áttekintés, és annak bemutatása a 3. pontban történik.

2.1. LED megvilágítás

A LED az angol Light-Emitting Diode (fényt kibocsátó dióda) rövidítéséből származik. Egy félvezető anyagból készült fényforrásról van szó, ami elektromos áram hatására inkoherens, szűk spektrumú fényt bocsájt ki.

2.2. LED működése

A LED félvezető részén, egy P-N átmenet van kialakítva, ahol a töltés áramlása csak az egyik irányban lehetséges az elektronok és lyukak, vagyis az elektronhiányú helyek között.



1. ábra - LED félvezető szerkezete [1]

A rekombináció során keletkező energia többletet a rendszer, sugárzás formájában adja le, fotont bocsájt ki. Az áthidalt, tiltott sáv szélessége határozza meg a folyamat fenntartásához szükséges feszültség nagyságát. A hullámhossz, így a kibocsátott fény színe a tiltott sáv méretétől függ.

2.3. Alkalmazásuk

A LED megvilágításokkal manapság életünk számos területén találkozhatunk. Az Európai Unió 2009-ben energiatakarékossági és környezetvédelmi szempontokat figyelembe véve, megkezdte kiszorította a nagy energiafogyasztású, hagyományos izzólámpákat. [2] Ez a LED-es fényforrások otthoni, háztartásbeli elterjedésével járt. Ezen felül találkozhatunk még velük elektronikus paneleken állapotjelzőként, kültéri és beltéri kijelzőkön egyaránt, forgalomirányító lámpában, múzeumok, üzletek és kirakatok világítási rendszereiben. A színes fényű és RGB LED-ek különleges megvilágításokat tesznek lehetővé, épületek külső díszvilágításánál, és szórakozóhelyek, éttermek dekorációs célú megvilágításánál szintén találkozhatunk velük, de RGB LED által kikevert fehér fényt használunk, ha fontos a színvisszaadás minősége, úgymint egy szkennelben. Az RGB LED-del kikevert fehér fény helyett, egyetlen LED segítségével is megjeleníthetünk az emberi szem számára fehérnek tűnő – de az előzőtől eltérő spektrumú fényt. Ilyenkor Kék GaN LED-del világítunk meg egy fluoresszens fényport, CE3+:YAG-t. Ennek a közös sugárzását látjuk fehérnek. [3]

2.4. A LED megvilágítások előnyei

- Hosszú élettartamúak
- Az izzólámpánál jelentősen kisebb a hőtermelésük, így a hatásfokuk is jobb
- Gyors be és kikapcsolás
- A tokozásukkal fókuszálható a fényük
- Képesek csak a látható fény spektrumában leadott sugárzásra, így kiemelt szerepet kapnak, ha a megvilágított objektumot védeni kell a magas hőmérséklettől vagy az UV sugárzástól.
- Általában nem hirtelen „égnek ki”

Képfeldolgozáshoz kapcsolódó előnyük, a fentiekén túl, hogy sugárzásuk egyenletessége miatt, alkalmazásukkal jó minőségű képek készíthetők, elkerülhető a képminőség romlása nagy frekvencián működő kamerák alkalmazásakor is.

2.5. LED megvilágításokkal végzett kísérletek

A kísérletek során különböző munkadarabok és megvilágosítások párosításait elemzem ki. Az elemzést az Image J nevű, ingyenes képanalizáló szoftverrel végzem. Ezt a szoftvert az amerikai egyesült államokbeli NIH (National Institutes of Health) fejlesztette ki. Számos képelemző funkcióval rendelkezik a szoftver, az elérhető paletta csak egy kis részére volt szükségem a képek értékelése, és összehasonlítása során.

3. LED MEGVILÁGÍTÁSOK RENDSZEREZÉSE

3.1. A megvilágítás szerkezetének tanulmányozása

3.1.1. MEGVILÁGÍTÁSI FELADATOK

Az iparban képfeldolgozási eljárásokat számos területen alkalmazhatunk. Lehetőség van többféle típusú minőségellenőrzési feladat megvalósítására, gyártósori, vagy mintavételes ellenőrzésre, de robotpozicionálási feladatok során is használhatjuk. Az elvégezhető, konkrét feladatok sokfélék, a teljesség igénye nélkül ide tartozik a méretellenőrzés, a munkadarab, vagy egy része meglétének vizsgálata, a felületi minőség vizsgálata, a munkadarab színének vizsgálata, vagy a munkadarab pozíciójának vizsgálata.

A fenti esetek jelentős részében egy pozíció, vagy egy munkadarab megkeresése a feladatunk. Ez a gyakorlatban, az elkészített képen élek, és jól külön határolható, környezetétől eltérő intenzitású területek keresését jelenti. Ennek megkönnyítése – és így a folyamat gyorsítása – érdekében, általában egy minél kontrasztosabb kép megalkotása a célunk. Kisebb - mindazonáltal nem elhanyagolható - részt tesznek ki a felületi minőséget, és szint vizsgáló eljárások. Felületi minőség ellenőrzésekor a korábbiakkal megegyezően, szín vizsgálatakor az előzőkkel ellentétesen, minél egyenletesebb, diffúzabb megvilágítás, minél kisebb kontraszt elérése a célunk.

Az előforduló, megoldandó világítástechnikai és képfeldolgozási feladatok sokszínűsége viszont szinte megegyezik az iparban gyártott, és ilyen módszerrel ellenőrzött termékek számával. Más-más módszerrel kell vizsgálni őket, és egy a képfeldolgozó program, a környezet, a különböző, például feldolgozás sebességére vonatkozó követelmények, a termék minősége által együttesen meghatározott, egyedi megoldást kell keresnünk minden egyes alkalommal. Szinte nincs két egyforma képfeldolgozási feladat, így a megvilágítások kiválasztásának paraméterei is sokrétűek, komoly feladat rendszerbe szedni őket.

3.1.2. A MEGVILÁGÍTÁS LEHETŐSÉGEI

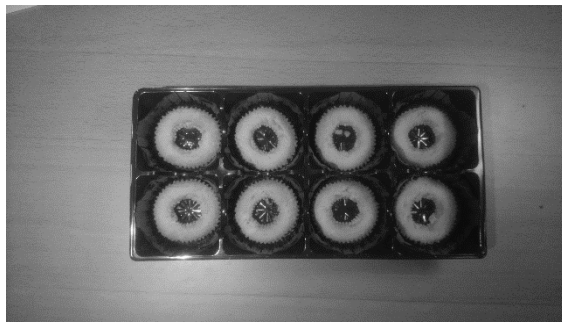
A képfeldolgozáshoz szükséges megvilágítás elméletben nem csak LED megvilágítás használatával lehetne lehetséges, léteznek másfajta megoldások is, ám a 2.1.1. pontban tárgyalt előnyeik szinte egyeduralkodóvá tették őket ezen a területen.

3.1.3. MEGVILÁGÍTÁSI IGÉNYEK

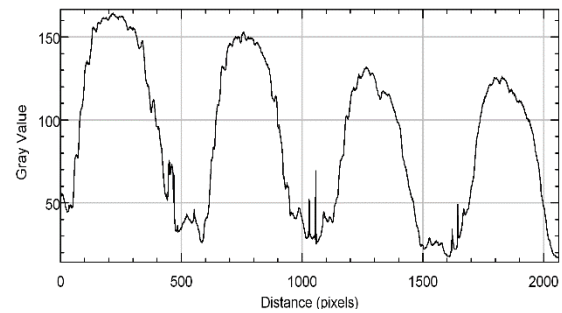
A megvilágításnak egyetlen, legfontosabb célja, hogy elősegítse az adott feladathoz leginkább megfelelő kép elkészültét. Ez abból fakad, hogy a képfeldolgozás könnyebb, gyorsabb, és megbízhatóbb, ha jó minőségű, a feladatnak megfelelő tulajdonságú képet dolgozunk fel, ez pedig elengedhetetlen, hiszen a kívánt feltételek, pl. egy gyártószalagon futó termék minőségellenőrzése szigorú követelményeket vonzanak maguk után. Nem egyedi eset, hogy 3 terméket kell ellenőrizni másodpercenként, ez azt indikálja, hogy a komplett kiértékelési folyamatnak, a kép készítésétől kezdve a feldolgozáson át a kiértékeléssel bezárólag, bele kell férnie egy másodperc közel harmadrészebe. Így, mivel a többi tényezőt ideálisnak vagy adottnak vettem, a megvilágítás szempontjából, a megfelelő kép elkészítése minden más paraméternél előrébb való. Ebből kifolyólag, az előbbi célt szem előtt tartva kell vizsgálni a munkadarab anyagminőségéből, szerkezetéből adódó esetleges zavarok kiküszöbölését, a megválasztott megvilágítás típusát, színét, elhelyezkedését, és egyéb paramétereit.

3.1.4. MEGFELELŐ LÁTHATÓSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

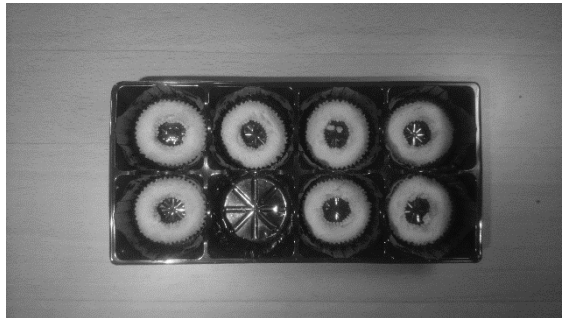
A 3.1.1 pontban említett képfeldolgozási feladatokat alapján, egy elméletben végigvezetett, gyakorlati példán, egy minőségellenőrzési feladaton keresztül, vizsgálom meg a befolyásoló tényezőket. Példának műanyag tálcába csomagolt kekszkarikák gyártósori ellenőrzését választottam. Megjegyezném, hogy az alább található ábrák kizárólag demonstrációs célt szolgálnak. Az alkalmazott megvilágítás, és így az értékelő függvények sem ideálisak, a jelen bemutatás során megjeleníteni kívánt kardinális tulajdonságok azonban láthatóak rajtuk, így indokolt a használatuk.



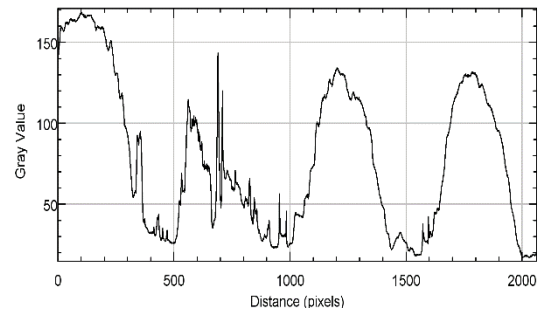
2. ábra



3. ábra



4. ábra



5. ábra

A kekszek betöltése után a futószalagon érkező tálcát ellenőrizzük. Fő vizsgálati szempontunk, hogy a tálcára maradéktalanul betöltésre kerültek-e a kekszek, vagy sem. Amennyiben nem, a darab selejtes, és nem juthat el csomagolási fázisig. A 2. ábrán egy megfelelő, az 4. ábrán pedig egy hiányos mintadarab található. A LED megvilágítókkal megvilágított, kamera alatti területre érkező mintadarabról egy képfelvétel készül, ezt a képet először átalakítja, majd kielemezi a szoftver. A 3. illetve 5. kép az átalakítás utáni, elemzésre kész képet mutatja meg, melyeket a 2. és 4. képből generáltam az Image J szoftver segítségével. A vizsgálat során az alsó kekszek sora került szoftveres kiértékelésre. Mint az a képeket összehasonlítva egyértelműen látható, az 5. ábra függvényéből látványosan hiányzik a kekszet jelentő jellegzetesség. A szoftveres elemzés eredményeképpen a hiányos tálca felismerésre kerül, és egy későbbi folyamat során eltávolítják a futószalagról. Következő lépésben vizsgáljuk meg a környezetet. A gyártósor jellege, és egyéb paraméterei, pl. teljesen automatikus-e a fel és lerakodás, vagy operátorok végzik azt, ennek következtében lezárt, külső, zavaró fényektől védő dobozba zárhatók-e a képfeldolgozó folyamatban résztvevő eszközök, vagy kénytelenek vagyunk nyitott elrendezést használni? Amennyiben elzárható, egyszerűbb a dolgunk. Így jelentősen lecsökkenthető a képen keletkező zaj, az elemzés megbízhatóbbá, a megvilágítás pedig egyszerűbbé válik. Amennyiben nem elzárható, az üzem világítása, annak típusa, az ablakok elhelyezkedése, az azokon beérkező napfény, és ezen keresztül még a napszak is befolyásolhatja az elkészült kép minőségét. Szerencsétlen esetben előfordulhat, hogy reggel 6-8 óra között kiválóan működik a képfeldolgozás, de 11-13 óra között már, a beérkező napfény hatására a kép megvilágítása megváltozik, a szoftver pedig megbízhatatlanná válik, túllépi a megengedett hibahatárt, ami eredményezheti hibás termékek bent maradását, vagy hibátlan termékek kilökését

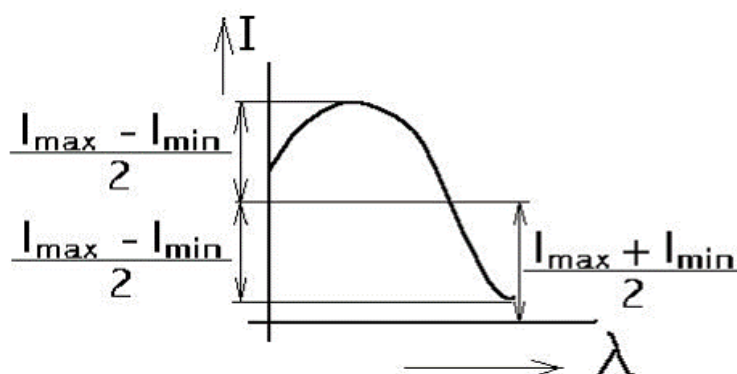
egyaránt. Látható tehát, hogy a feladatok megoldásai rendkívüli mértékben függenek az egyes környezeti tényezőktől és hatásoktól.

3.1.5. MÉRÉSI ELRENDEZÉS

A képfeldolgozási folyamat egyszerűsítése és gyorsítása szükségessé teszi, hogy a kamera merőlegesen láthasson rá a vizsgált munkadarabra, mivel így a feldolgozás során nincs szükség a kép transzformálására, a kapott kép közvetlenül feldolgozható. Ennek érdekében a legtöbb megvilágítás úgy van kialakítva, hogy valamilyen szögből világítsa meg a munkadarabot, és semmiképp se takarja el a kamera elől. Az elrendezést befolyásolja még az alkalmazni kívánt megvilágítás fajtája, amit a későbbi, 3.2. pontban tárgyalok. A későbbi, 5. pontban tárgyalt kérdőív alapján is látható azonban, hogy előfordulhatnak olyan esetek is, amikor vagy nem szükséges, vagy nem lehetséges a kamera munkadarabra merőleges elhelyezése, ezeket az eseteket is meg lehet oldani, de ha lehetőség van rá, előnyösebb a merőleges elhelyezkedés.

3.1.6. A KONTRASZTOS KÉP KÉSZÍTÉSÉNEK FELTÉTELEI

Az aktuális képfeldolgozási feladat típusa meghatározza, hogy a kép feldolgozása, és a vizsgálandó jellemzők szempontjából lényeges-e, és milyen mértékben a kontraszt kialakítása. A kontraszt, definíció szerint, a sötét és világos, azaz a kis és nagy fényerősségű területek részaránya. Vonatkoztathatjuk a teljes képre, vagy egy adott területre.



6. ábra - A kontraszt [4]

Definíció szerint a kontraszt:

$$K = \frac{\frac{I_{\max} - I_{\min}}{2}}{\frac{I_{\max} + I_{\min}}{2}} \quad (1.1)$$

ahol I : fényerősség [cd]

K : kontraszt [1]

Példaképp a 7. ábrán egy nem kontrasztos (balra) és egy kontrasztos kép (jobbra):



7. ábra - Nem kontrasztos és kontrasztos kép [5]

Éldetektálásnál, vagy hisztogram-alapú eljárások használatakor kiemelkedő szerepet kap a nagyobb kontraszt, kialakításával jobb, és megbízhatóbb eredményre számíthatunk.

A minél kontrasztosabb kép készítésének viszont, a dolgozatom témájától eltérően, nem a megvilágítás szab határt. A kép készítésére használt detektor felbontása jelentős fizikai korlátot szab az elérhető kontrasztnak. Egyszerre kell ugyanis érzékelnie a legnagyobb és legkisebb fényerősségű pontokat is. Mivel a kamerát, és így az érzékelőt is, az alapfeltevések közt, az 1.1.2. pontban, ideálisnak vettem, így, annak ellenére, hogy ez szabja a jelentősebb, fizikai korlátot, a kontraszt másfajta kialakítási módjaira fordítok figyelmet. Az anyagminőség szintén adott. Hasonló típusú, egyenletes, diffúz módon visszaverő felületen nehéz a megfelelő kontraszt kialakítása, de az 1.1.2. alapján a munkadarab is adott. Megvilágítás szempontjából az erős kontraszthoz minél erősebb, direkt világító szükséges. Minél kevésbé diffúz megvilágítót használunk, a leadott fénysugarak minél inkább párhuzamosak, a kontrasztunk annál nagyobb mértékű lesz. Összefoglalva a kontrasztos kép kialakítása a detektor minőségétől, az anyagminőségtől, valamint a sugárzó fény fajtájától függ. Mivel az első kettő adott, jelen esetben a sugárzó fényel szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy a beérkező fény minél kevésbé legyen diffúz, ha kontrasztos kép kialakítása a célunk.

3.2. LED megvilágítások osztályozása

3.2.1. JELLEMZŐ LED MEGVILÁGÍTÁSOK TÍPUSAINAK ÁTTEKINTÉSE

A különböző képfeldolgozási feladatok a LED megvilágítók számtalan változatát hívták már életre, a felismerni kívánt jellemzők minél hatékonyabb megjelenítése érdekében. Az ipari képfeldolgozásban használt LED megvilágításokat egyrészt kisugárzott hullámhosszuk, másrészt jellegük, szerkezeti kialakításuk, valamint ezekkel összefüggésben, felhasználási területük alapján tartottam célszerűnek osztályozni.

A mellékletben megtalálható továbbá egy másfajta csoportosítás, a termékcsaládok összehasonlító táblázata. A táblázat demonstrációs céllal készült, épp ezért csak a Spot termékcsalád egyedei kerülnek összehasonlításra, de ez által bemutatva az egyes megvilágító típusokon belüli termékek számosságát.

Az osztályozás alapját adó eszközöket, azok tulajdonságait és szerkezeti jellemzőit az alábbi cégek termékkatalógusaiból, valamint a weboldalukon feltüntetett információkat átvizsgálva gyűjtöttem össze. A feltüntetett, főleg európai és amerikai vonatkozású, kisebb nagyobb cégeket választottam, hogy reprezentatív képet adjanak a jelenleg elérhető LED megvilágítások típusairól, és azok tulajdonságairól.

3.2.2. AZ ÖSSZEÁLLÍTÁS ALAPJÁNAK SZÁMÍTÓ TERMÉKPALETTÁT ADÓ CÉGEK

- OPTIKA Mérnökiroda Kft. [6]
- CCS America, Inc. [7]
- DI-soric [8]
- Edmund Optics [9]
- Innovations in Optics [10]
- Jupiter Tech Kft. [11]
- Mightex systems [12]
- Microscan [13]
- PhoenixOptix [14]
- Prior-scientific [15]
- Prizmatix [16]
- Sensopart [17]
- Smart Vision Lights [18]
- Waldmann [19]

3.2.3. KISUGÁRZOTT HULLÁMHOSSZ SZERINTI OSZTÁLYOZÁS

1. Látható tartományú (VIS)
 - a. Fehér
 - i. Természetes fehér (~4500 K)
 - ii. Meleg fehér (~3000 K)
 - iii. Hideg fehér (~6000 K)
 - b. Színes
 - i. Egy színű
 - ii. Több színből kikevert
2. Közeli infra tartományú (NIR)
3. Ultraibolya tartományú (UV)

3.2.4. MEGVILÁGÍTÓ JELLEGE SZERINTI OSZTÁLYOZÁS

1. Spot LED típusok
 - a. Spot világító
 - b. Spot vetítő
 - c. Spot strukturáltfény világító
2. Háttérvilágítók
 - a. Nagy fényerősségű háttérvilágító
 - b. Kisméretű LED hátterek
 - i. Extra vékony
 - ii. Standard vastagságú
 - c. Standard méretű LED hátterek
 - d. Nagyméretű LED hátterek
 - i. Vékony
 - ii. Standard vastagságú
3. Tengelyirányú (axiális) megvilágító
4. LED gyűrűvilágítók
 - a. Gyűrűvilágító
 - b. Égbolt (dóm) világító
 - c. Égbolt gyűrűvilágító
 - d. Sötét látóterű megvilágító
 - e. Súrló fényű megvilágító

5. Vonalvilágító
6. Mátrix megvilágító
7. Diffúz megvilágítók
 - a. axiális diffúz megvilágítók
8. Telecentrikus fényforrások
9. Optikai szál

3.2.4.1. *Megjegyzések a felépítés szerinti osztályozáshoz*

3.2.4.1.1 A háttérvilágítók kapcsolódó méretei általánosságban:

1. Vastagság
 - a. Vékony: 8-10 mm
 - b. Standard: 12-22 mm
 - c. Vastag: 22 mm felett

2. Felület
 - a. Kicsi 50x50 mm-nél kisebb
 - b. Standard 50x50 mm és 100x100 mm között
 - c. Nagy 100x100 mm felett

3.2.4.1.2 A megvilágítás erőssége

Fejlődésük során nagy fényerejű, ennél fogva nagy áramerősségű, és kis fényerejű, kis áramerősségű LED megvilágítások alakultak ki. Előbbinek, már említett tulajdonságain túl fontos ismérve, hogy jelentős melegedés tapasztalható használatukor, hűtést igényel, valamint áramgenerátor hajtja. Utóbbinál a melegedés elhanyagolható, és feszültség generátorra kötve használható.

3.2.5. ALKALMAZÁS SZEMPONTJÁBÓL TÖRTÉNŐ OSZTÁLYOZÁS

A megadott feladatra vonatkozóan előfordulhat, hogy egyes esetekben felcserélődik az alábbi lista, és az itt előnyként, vagy hátrányként feltüntetett tulajdonságok az adott feladatnál éppen fordítva, hátrányként, vagy előnyként jelentkeznek. A feltüntetett tulajdonságok pontosak, azonban a besorolás általános, épp ezért a lista az előbb említett fenntartással kezelendő. Nem szabad szem elől téveszteni, hogy a megvilágítást mindig az adott feladathoz kell igazítani.

Előny	Hátrány
Direkt megvilágítás	
Nagy fényerősségű megvilágítás Sok helyen alkalmazható	Árnyékot kelt Csillog
Súrlófényes megvilágítás	
Kiemeli a felület struktúráját	Árnyékot kelt
Diffúz megvilágítás	
Egyenletes megvilágítást ad Árnyékmentes Csökkent mértékű csillogás	Nagyméretű eszköz A felületi struktúrát kevésbé emeli ki
Gyűrűs megvilágítás	
Csökkenti az árnyékokat Hozzávetőlegesen egyenletes megvilágítást ad	Tükröző felületen gyűrű alakú csillogás
Axiális diffúz megvilágítás	
Árnyékmentes Egyenletes megvilágítást ad	Alacsony fényerősségű megvilágítás
Strukturált fényes megvilágítás	
Kiemeli a felület struktúráját	Nagy fényerősségű megvilágítás
Polarizált megvilágítás	
Egyenletes megvilágítást ad Csökkent mértékű csillogás	Alacsony fényerősségű megvilágítás
Sötét látóterű megvilágítás	
Átlátszó tárgyak esetén kontrasztos felületet és belsőt biztosít Karcok, törések és zárványok jól láthatóak	A szélek nem kontrasztosak, nem a helyükön látszódnak átlátszó tárgy világítása esetén
Háttérvilágítás	
Kontrasztos éleket biztosít	Eltünteti a felület struktúráját

3.2.6. SZERKEZETI KIALAKÍTÁS SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

Az alábbiakban az adott típus, jellemző szerkezeti kialakítása és mérési elrendezése, valamint a hozzátartozó felhasználási területek találhatóak.

Spot megvilágító

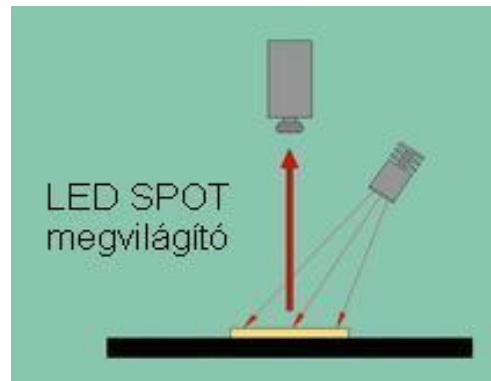
Nagy fényerősségű megvilágítás

Viszonylag nagy felület megvilágítására alkalmazható

Csomagolás minőségellenőrzésére



8. ábra [7]



9. ábra [6]

Háttérvilágító

Éles kontraszt megjelenítésére

Diffúz zavarfény kiküszöbölésére

Befoglaló méretek mérésekor

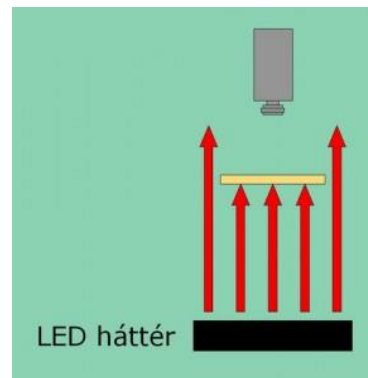
Nyitott részek, pl. átmenő furatok mérésénél, vagy helyzetük meghatározásához

Áttetszőség mérésekor

Anyagvastagság mérésekor



10. ábra [6]



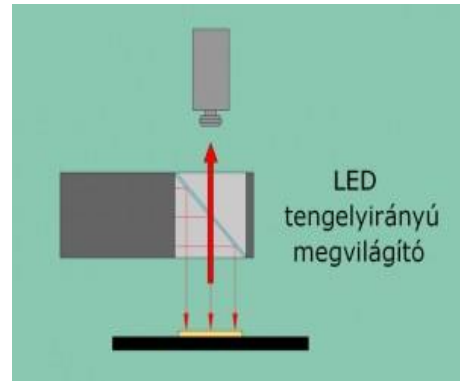
11. ábra [6]

Tengelyirányú megvilágító

Egyenletes megvilágítást biztosít lapos, tükröződő felületen
Felület kiemelésére, pl. beütött sorozatszám vizsgálatakor



12. ábra [6]



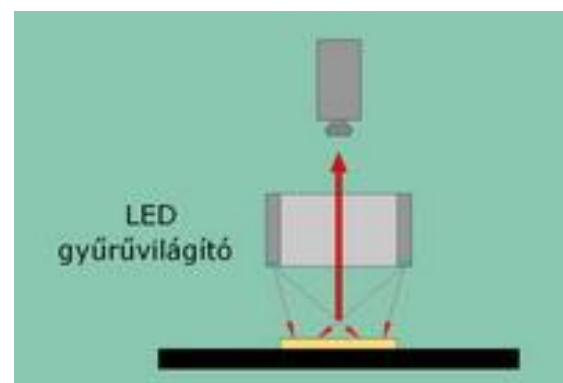
13. ábra [6]

Gyűrűvilágító

Lapos, diffúz felületek megvilágítására
Kerek tárgyak vizsgálatakor pl. alátét
Ha a lencséhez való közvetlen csatlakoztatás szükséges



14. ábra [6]



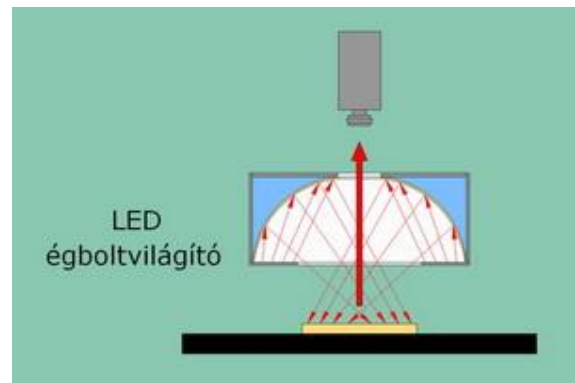
15. ábra [6]

Égboltvilágító

Diffúz fényt ad
Görbe, hullámos vagy tükröződő felület vizsgálatakor
Fém üdítőitalos doboz aljára nyomtatott felirat vizsgálatakor



16. ábra [6]



17. ábra [6]

Égbolt gyűrűvilágító

Csökkenti az árnyékokat

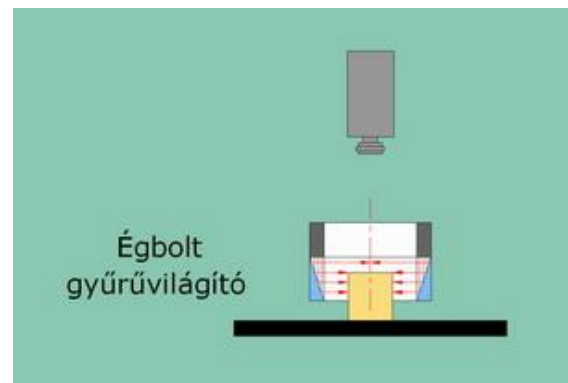
Tükröző, diffúz, matt, hullámos felületek vizsgálatakor

Csomagolóanyag vizsgálatakor

CD/DVD címke vizsgálatakor



18. ábra [12]



19. ábra [6]

Súrlófényes és sötét látóterű megvilágító

Megegyező szerkezeti kialakítás és elrendezés

A felület tulajdonságainak kiemelésére

Súrlófényes megvilágítás:

Tömör, nem átlátszó tárgyak felületének vizsgálatakor

Lézernyomott feliratok vizsgálatakor

Címke vizsgálatakor

Furat peremének pontos meghatározásakor

Sötét látóterű megvilágítás:

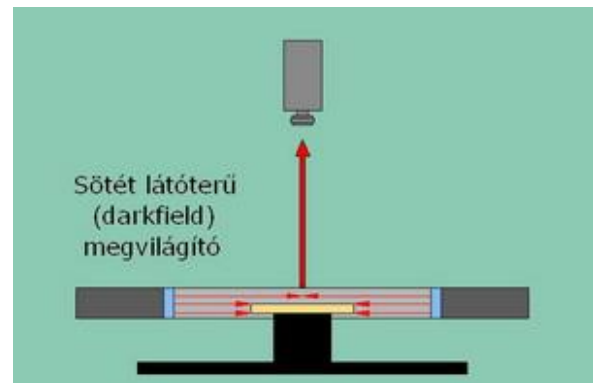
Áttetsző, átlátszó tárgyak vizsgálatakor

Kontrasztos felületet és belsőt biztosít

Karcolások, törések és zárványok jól láthatóvá válnak



20. ábra [6]



21. ábra [6]

Vonalvilágító

Fókuszálható, nagy fényerősségű megvilágítás

Befoglaló méretek mérésekor

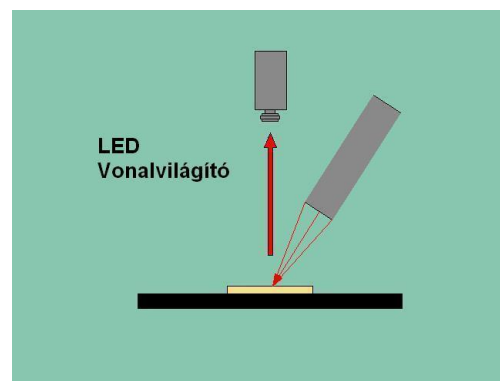
Lapos, diffúz felületek vizsgálatakor

Nem diffúz zavarfény kiküszöbölésére

Termékhibák vizsgálatakor



22. ábra [6]



23. ábra [6]

Mátrix megvilágító

Befoglaló méretek mérésekor

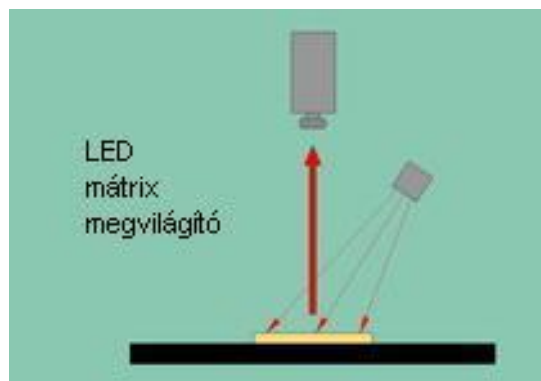
Lapos, diffúz felületek vizsgálatakor

Nem diffúz zavarfény kiküszöbölésére

Termékhibák vizsgálatakor



24. ábra [6]



25. ábra [6]

Telecentrikus megvilágítók

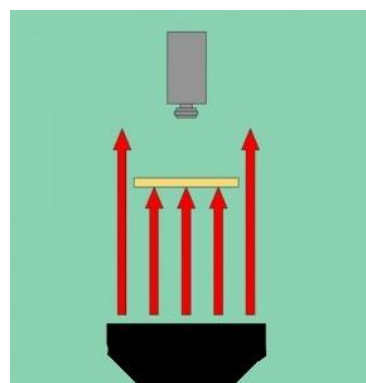
A megvilágítóból kilépő fénysugarak párhuzamosak

Nagy kontraszt létrehozásához

Csökkenti a diffúz reflexiót



26. ábra [9]



27. ábra [6]

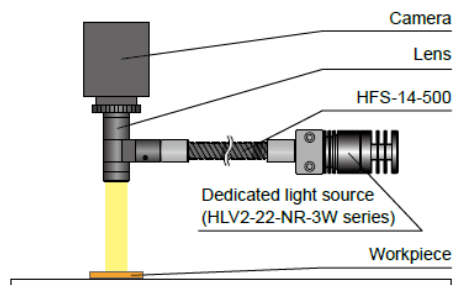
Optikai szál

Telecentrikus lencsék fényforrásaként

NYÁK-ok vizsgálatakor



28. ábra [7]



29. ábra [7]

3.3. Jelenlegi fejlesztési irányok

Napjainkban olyan adaptív megvilágítási rendszerek létrehozására irányulnak törekvések, amik manuális beavatkozás nélkül képesek kiválasztani és létrehozni a körülményeknek leginkább megfelelő megvilágítást. Ezt jelenleg a gyakorlatban, a feldolgozó kamera visszajelzését követően, annak információi alapján viselkedő, kis projektorok összehangolásával igyekeznek megvalósítani. [20]

4. MÉRÉSI FELADAT

4.1. A kitűzött mérési feladatok

A LED fényforrások összehasonlításakor három különböző típusfeladatot vettem alapul.

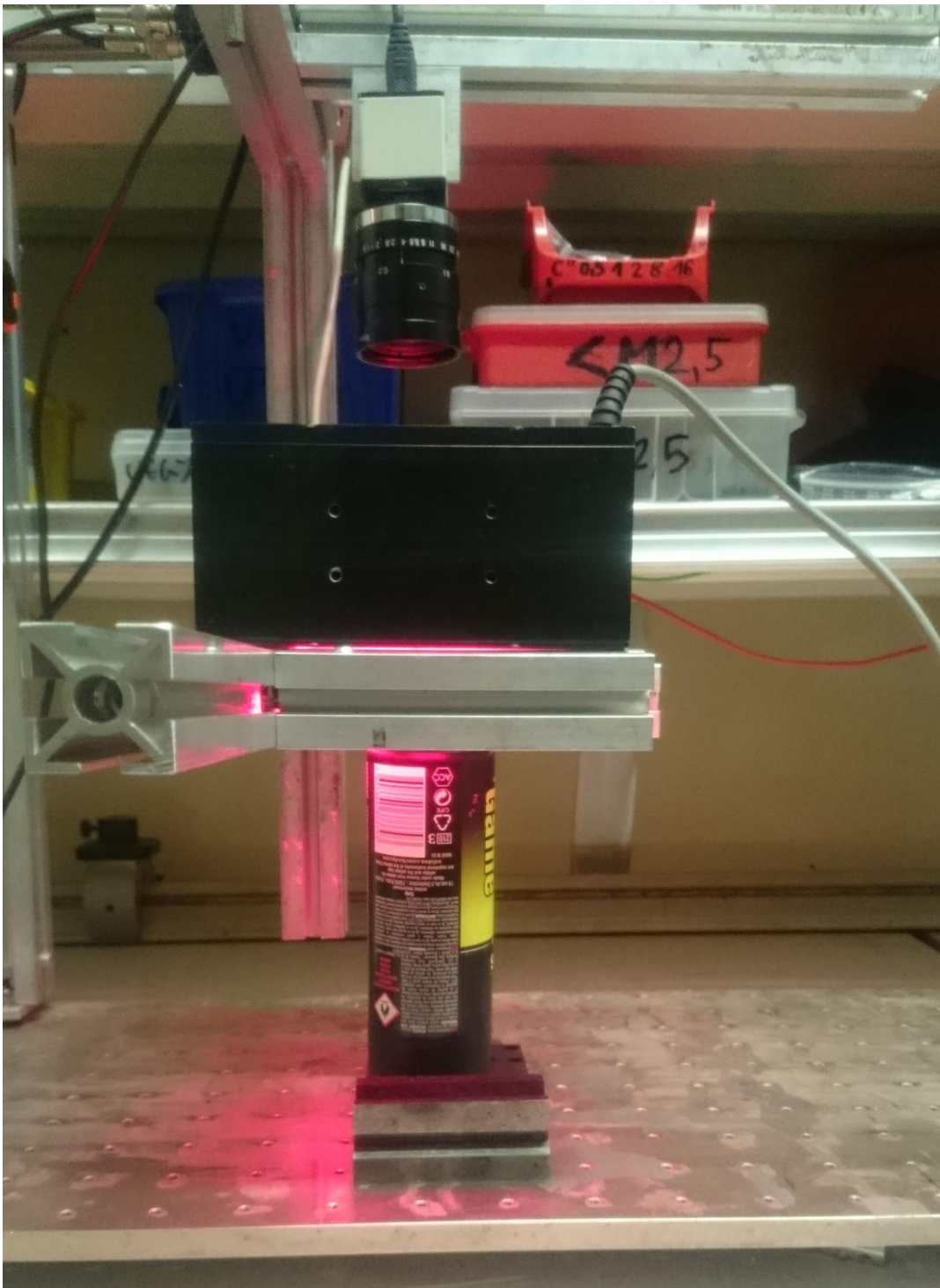
4.1.1. A VÁLASZTOTT MUNKADARABOK:

1. Alumínium hasábra fúrt furat
 - a. Letörés nélküli
 - b. Letöréssel rendelkező
2. Flakon
 - a. Fényes, fémes felületű
 - b. Fényes, fekete felületű
3. Színes vezeték
 - a. Szürke
 - b. Piros
 - c. Barackvirág

Az első két feladat a gyakorlatban is sokszor előfordul, általános problémákról van szó. Az első számú például egy furat átmérőjének, esetleg helyzetének pontos meghatározása során fordul elő, a második pedig a különböző típusú fém üdítőitalos flakonok, dezodorok, és hozzájuk hasonló termékek ellenőrzésekor, a munkadarab homorú aljára felvitt feliratok és egyéb, azon megtalálható jelek vizsgálatánál. Itt a vizsgálatom célja, hogy az adott feladatra megtaláljam az elérhető legmegfelelőbb megvilágítást. A harmadik, az előző kettőtől annyiban tér el, hogy egy a gyakorlatban kevésbé általánosan előforduló problémáról van szó, e típus esetén céлом a gyakorlatban viszonylag ritkán használt, többszínű LED megvilágítások alkalmazhatóságának, létjogosultságának vizsgálata.

4.1.2. A MÉRÉSI ELRENDEZÉS

A mérés során egy, a laborban rendelkezésre álló digitális kamerát, és a hozzá tartozó gyári, PC-re telepíthető szoftvert használtam a képek készítésére. A kamera mérőlegesen látott rá a vizsgált munkadarabra, a megvilágítást pedig egy állványzat segítségével rögzítettem a megfelelő helyzetbe. Az alábbi képen látható az egyik mérés elrendezése. A további méréseket is alapvetően, ehhez hasonló elrendezésben végeztem, az adott megvilágító, munkadarab adottságainak megfelelő korrekciók alkalmazása után.



30. ábra – A mérési elrendezés

4.1.3. MEGJEGYZÉSEK A MÉRÉS LEÍRÁSÁVAL KAPCSOLATBAN

A mérések leírása során, a könnyebb átláthatóság érdekében a táblázatok, csak az adott feladathoz kapcsolódó, releváns információkat tartalmazzák. Példának okáért egy szürke, fémes felület megvilágításakor nem kerül feltüntetésre a megvilágító színe, mivel a szürke felület tulajdonságaiból adódóan - amennyiben látható fényről van szó - a különböző színű megvilágításból keletkező különbségek elhanyagolhatók. Valamint, az 1.2.2 pontban, az alapfeltevésekben leírtak alapján a kamera beállításait, úgy, mint erősítés, expozíciós idő, stb. optimálisnak veszem, ezért ezeket az adatokat sem tüntetem fel. A mérés rekonstruálhatósága érdekében viszont, a mellékletben található táblázat ezeket az adatokat is hiánytalanul tartalmazza.

A képek elemzésekor, az előzőkhez hasonló okokból kifolyólag, csak azokat a képeket mutatom be és elemzem, amik kitüntetett figyelmet érdemelnek, különböző említésre méltó jelenségek láthatóak rajtuk, vagy épp az optimális megvilágítást mutatják be. A szabad szemmel, szoftveres vizsgálat nélkül is egyértelműen látható minőségbeli különbségek esetén nem végzek külön mérést. Az itt, fentiek miatt kihagyott képeket a CD melléklet tartalmazza.

Az elkészített szürkeárnyalatos képek 8 bitesek, ezért az Image-J programmal való vizsgálatukkor az egyes pixelek fényerősségét a program egy 0 és 255 között mozgó skálán adja meg, ahol 0-ás fényerősség jelenti a fekete, és 255-ös fényerősség pedig a fehér színt.

4.2. A mérések

4.2.1. ELSŐ MÉRÉS

4.2.1.1. A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja

Az első mérés során egy fémes, matt felületű, alumínium hasábra két furatot fúrtam, 20 [mm] mélységben, az egyiket letörés nélkül, a másikat letöréssel készítve. A két furat egy tengelyen, egymáshoz megfelelő közelségben került kifúrásra ahhoz, hogy a kamerával, a telecentrikus objektív hiánya ellenére is, figyelmen kívül lehessen hagyni az elrendezésből keletkező hibát és így egy képen lehessen vizsgálni a két furatot. Az egyszerűsítés további alapja, hogy a mérés célja a furatok meglétének vizsgálata, így elegendő a furatok láthatóvá tétele. Amennyiben az átmérőjük mérése a cél, további módosítások szükségesek, amik az elvárt pontosságtól függően lehetnek a környezeti zavarfények teljes kirekesztése, telecentrikus objektív használata, vagy egy erre a célra kifejlesztett, speciális megvilágítás használata.

4.2.1.2. A mérés adatai

Mérés sor-száma	Megvilágító típusa	Lencse - megvilágító távolsága [mm]	Megvilágító - munkadarab távolsága [mm]	Lencse - munkadarab távolsága [mm]	A megvilágító helyzete
1	100 [mm] átmérőjű, súrlófényes	347	8	365	Középre igazítva
2	50 [mm] átmérőjű, súrlófényes	340	5	365	Középre igazítva
3	50 [mm] átmérőjű, súrlófényes	345	0	365	Középre igazítva
4	Speciális, letöréssel rendelkező furatokra épített megvilágító	305	0	365	Letöréses furatra igazítva
5	Speciális, letöréssel rendelkező furatokra épített megvilágító	305	0	365	Letörés nélküli furatra igazítva
6	Égbolt	60	240	365	Középre igazítva
7	Gyűrűvilágító	110	200	365	Középre igazítva
8	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	300	5	365	Középre igazítva
9	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	300	5	365	Letörés nélküli furatra igazítva
10	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	110	200	365	Letöréses furatra igazítva

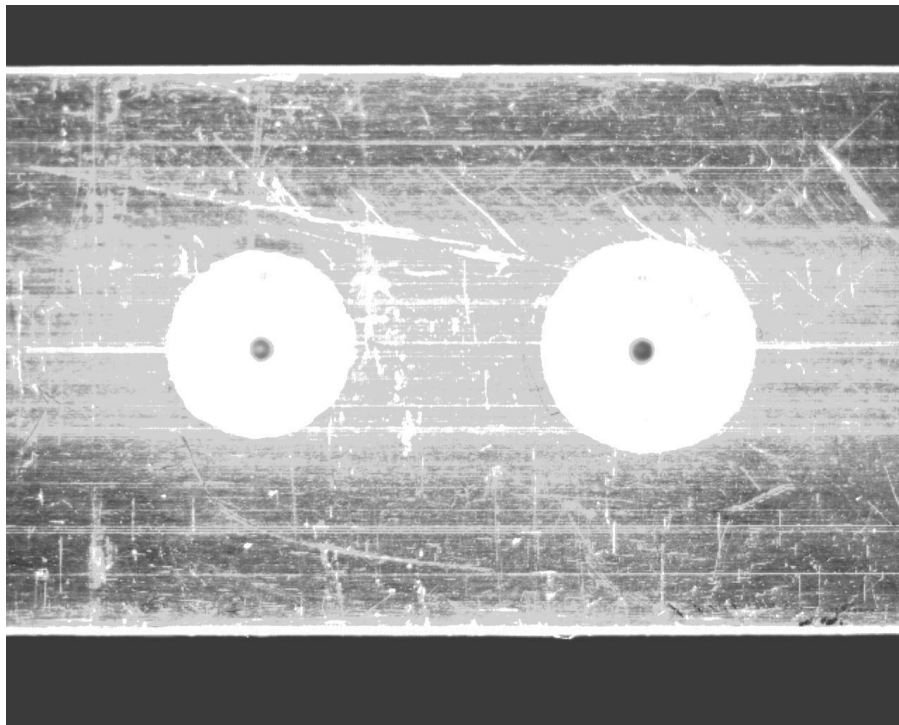
1. táblázat

4.2.1.3. Eredmények

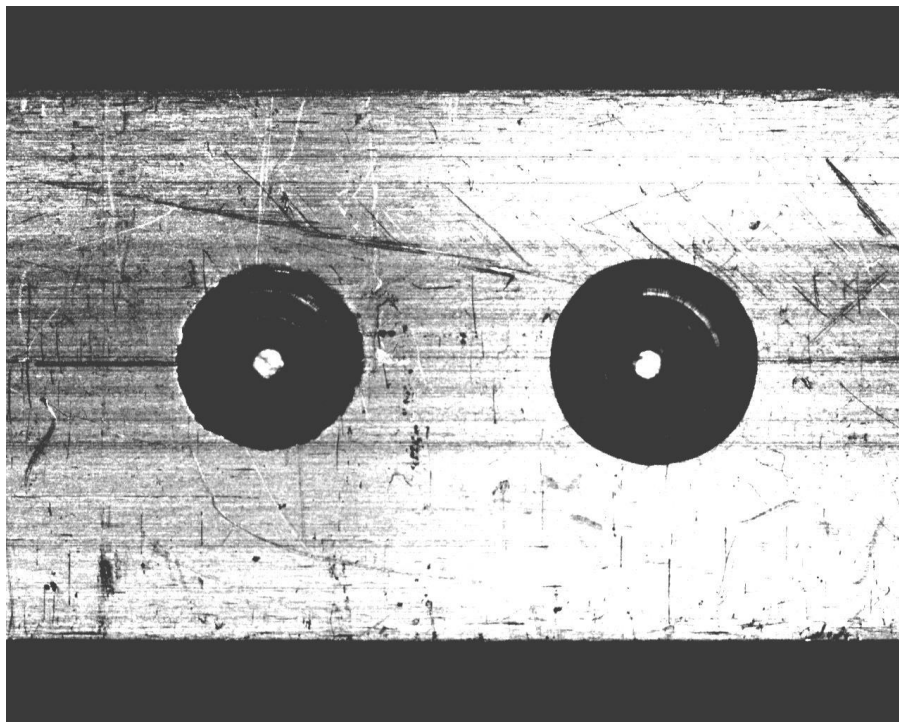
A mérés céljától, és a furat tulajdonságaitól függ az optimális megvilágítás. A letöréssel rendelkező furat vizsgálatakor célunk lehet a belső és külső átmérő meghatározása, a letörés nélküli furat esetén csak egy átmérőt vizsgálhatunk. Az előbbi külső átmérőjének keresése során utóbbihoz hasonló megvilágítás az alkalmas, így ezeket egy csoportban kezelem.

4.2.1.3.1 Letörés nélküli és letöréses külső átmérőjének vizsgálata

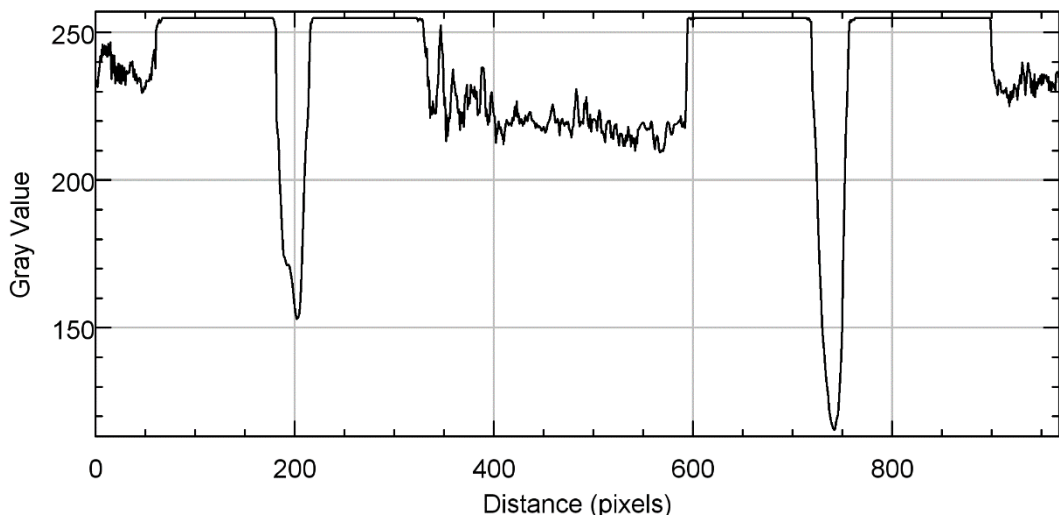
A vizsgált variációk közül az 1-es és 7-es számú mérés lehet megfelelő, így ezek összehasonlítását végzem el a továbbiakban.



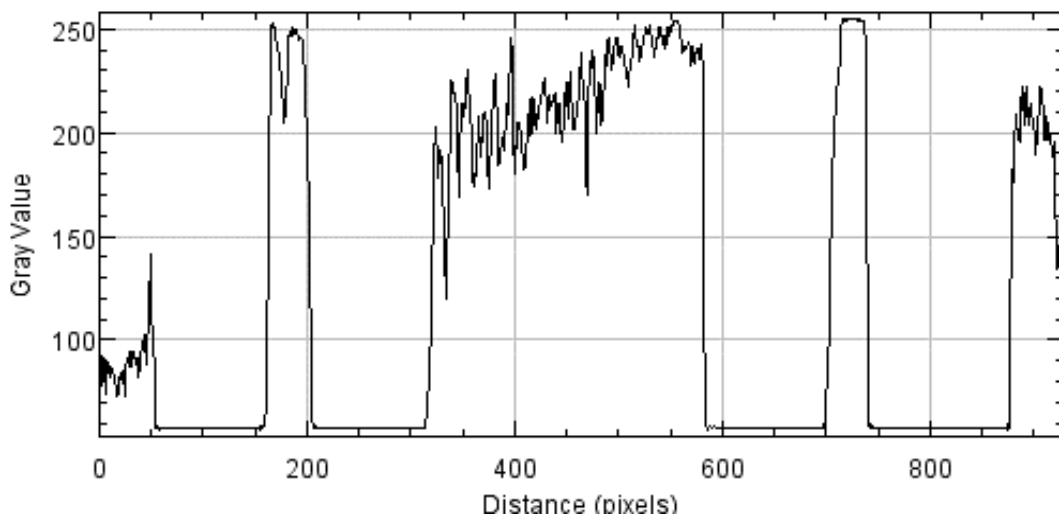
31. ábra – 1. mérés képe



32. ábra – 7. mérés képe



33. ábra – 1. mérés eredménye



34. ábra – 7. mérés eredménye

A 31. és 32. ábrán az eredeti képek, a 33. és 34. ábrán az Image-J programmal feldolgozott képek láthatók. A program által készített két diagram már összevethető. Későbbi feldolgozás szempontjából fontos, hogy a határfelületeknél minél nagyobb legyen a fényerősség hirtelen megváltozása. Ezt szem előtt tartva látható, hogy a 34. ábra, vagyis a 7-es mérési elrendezés a jobb. Számszerűsítve, a 33. ábrán a legnagyobb fényerősség-különbség sem haladja meg az 50-et, a 34. ábrán pedig a legkisebb is meghaladja a 100-at.

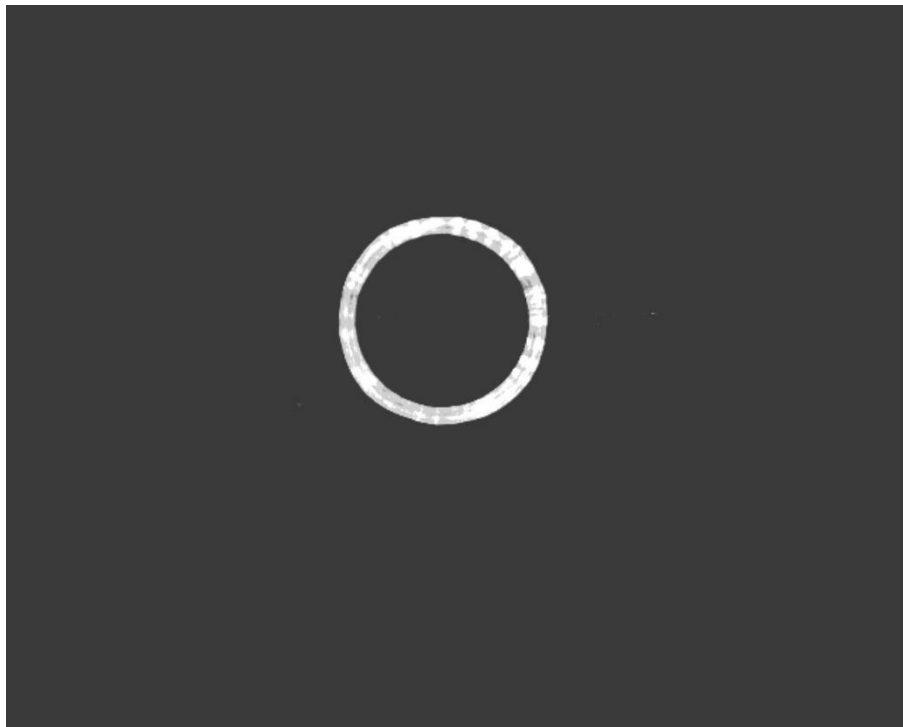
4.2.1.3.1.1 Kiértékelés

A 7. méréshez tartozó, 32. ábrán megfigyelhető, hogy a furaton belül, annak jobb felső részén egy fényes csík található. Ez egy környezeti zavarfényből adódó hiba, amelyet a mérés során nem lehetett ennél jobban kiszűrni, ám a 34. ábra alapján látható, hogy az élek megkeresését nem befolyásolja jelentősen. Ez fontos tanulság, hiszen a gyakorlatban a zavarfényeket, különböző okokból kifolyólag, nem mindig áll

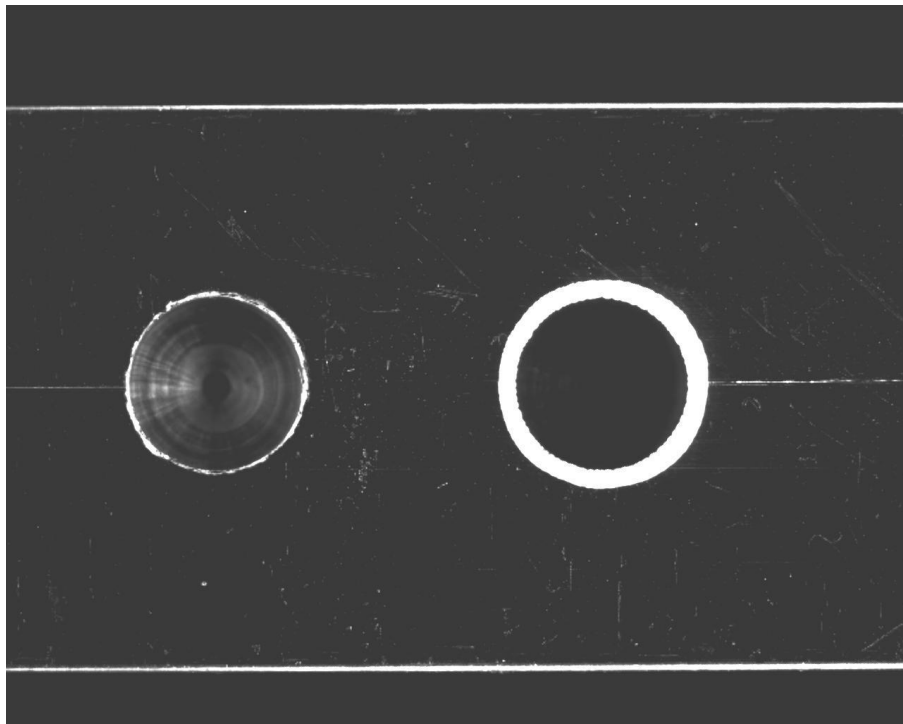
módunkban teljes mértékben kiszűrni. Továbbá megjegyzendő, hogy a megvilágítás egy gyűrűvilágítóval történt, azonban, a megvilágító – munkadarab közötti viszonylag nagy, 200 [mm]-es távolság miatt, a gyűrűvilágító kvázi tengelyirányú megvilágítóként funkcionál. Sajnos a laborban nem állt rendelkezésemre tengelyirányú megvilágító, így mérést sem tudtam vele végezni. Azonban erre a feladatra, a fent bemutatott konstrukciónál alkalmasabb lenne egy tengelyirányú megvilágító. A kép hasonló minőségű és tulajdonságú lenne, viszont míg a gyűrűvilágítóval alkotott elrendezéshez szükség volt a 200 [mm]-es távolságra, ami nem biztos, hogy mindig rendelkezésünkre áll, tengelyirányú megvilágítóval végezve a mérést, annak szerkezeti felépítéséből adódóan ennél jóval kisebb távolság is elegendő lehet, előzetes ismereteim alapján történő becslésem szerint, nagyjából 20-40 [mm].

4.2.1.3.2 Letörés furat belső átmérőjének vizsgálata

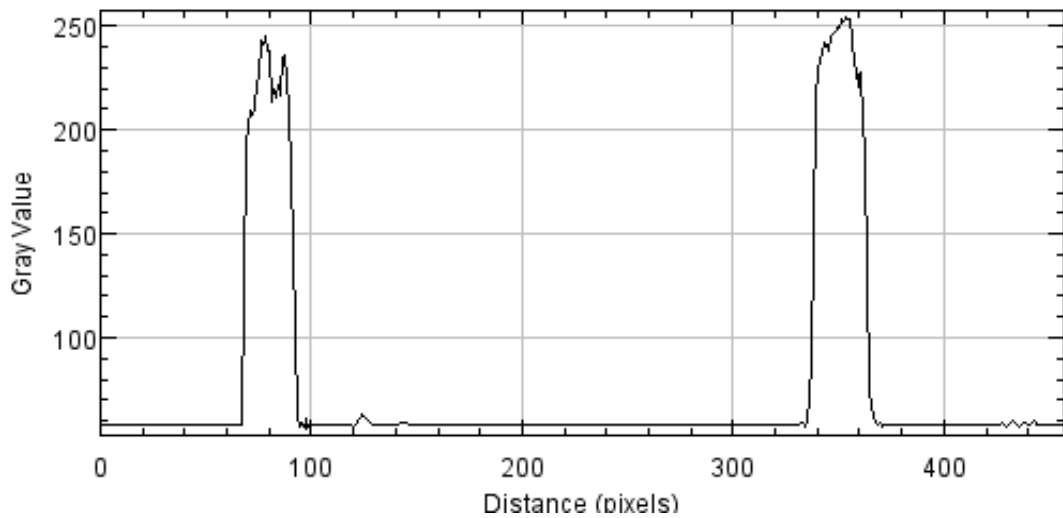
A belső átmérő vizsgálatokor várható, hogy a speciálisan az ilyen típusú vizsgálatra készített megvilágítás, vagyis a 4. mérés adja majd a legjobb eredményt. Megvizsgálandó lehet még a 3. mérés is, ahol általános, súrló fényes megvilágítót használtam. Ebben az esetben a kiértékeléskor érdemes összehasonlítani az előző két mérést az átmérő mérésének nézőpontjából is. Ez a kép feldolgozása szempontjából jóval magasabb követelményeket állít ugyanis a furat létének kereséséhez képest, de az előző két mérés jósága voltán ez megtehető.



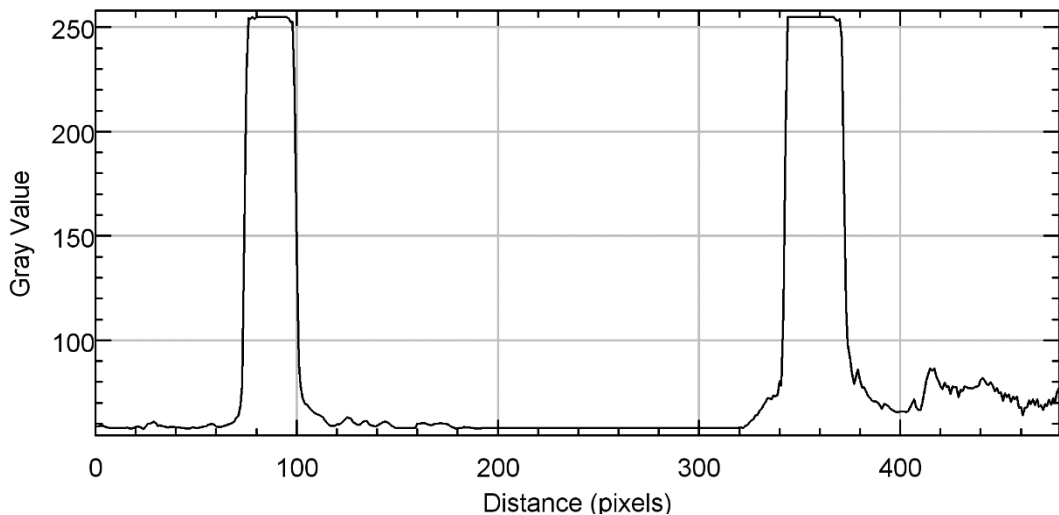
35. ábra - 4-es mérés képe



36. ábra - 3. mérés képe



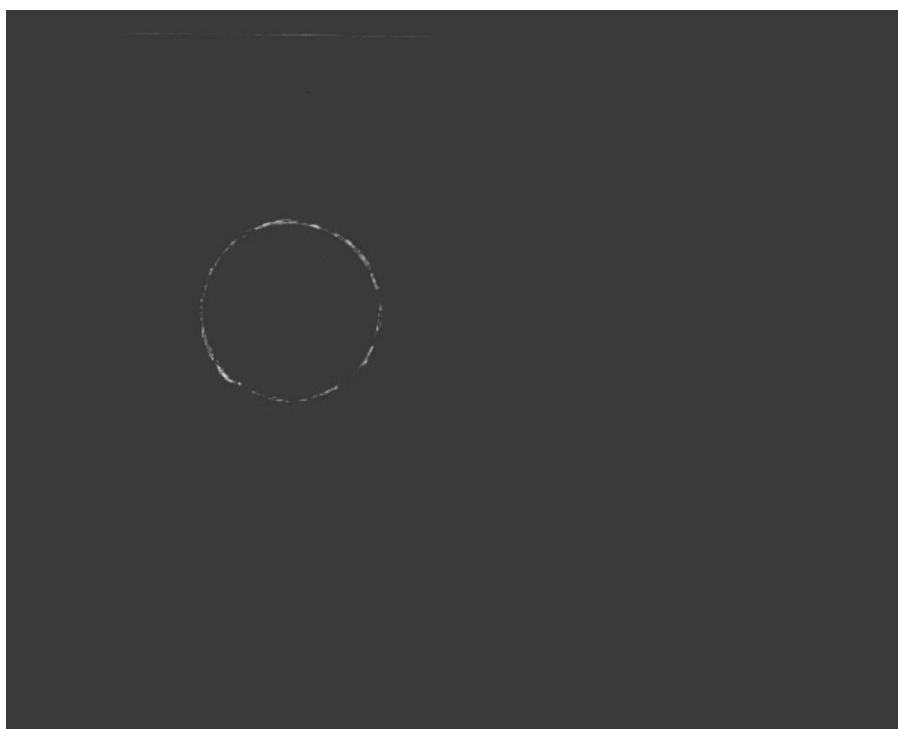
37. ábra – 4. mérés eredménye



38. ábra - 3. mérés eredménye

Mindkét mérés egyaránt jó eredményt adott, alkalmasak erre a fajta vizsgálatra. Mivel a jelenleg vizsgált objektum a letöréses furat, így a szoftveres elemzést erre futtatam le, a 38. ábrán látható eredmény csak erre vonatkozik. A 4. mérést a speciálisan erre a fajta vizsgálatra készített megvilágítóval készítettem, a 3. mérést pedig egy általános sűrű fényű megvilágítóval. A kettő közti szerkezeti különbség, hogy a speciális megvilágító az általánosnál laposabb szögben világít, így elméletben pontosabb eredményt ad. A diagramon ez ott érhető tetten, ha megfigyeljük a felfutás sebességét. Látható, hogy míg a 37. ábrán az érték változás szinte azonnal végbemegy, a 38. ábrán értékváltozáskor vannak felfutási és lecsengési szakaszok, ezzel rontva az átmérő mérésének pontosságát. Emiatt, a vártaknak megfelelően, a speciális megvilágító az optimális. Azonban más tényezőket sem árt figyelembe vennünk. Az elkészült jó minőségű képért cserébe, több hátránya is van ennek a megvilágítónak. Egyrészt, mint az az 1. táblázatból kiolvasható, a megvilágító és a munkadarab közötti távolság 0 [mm].

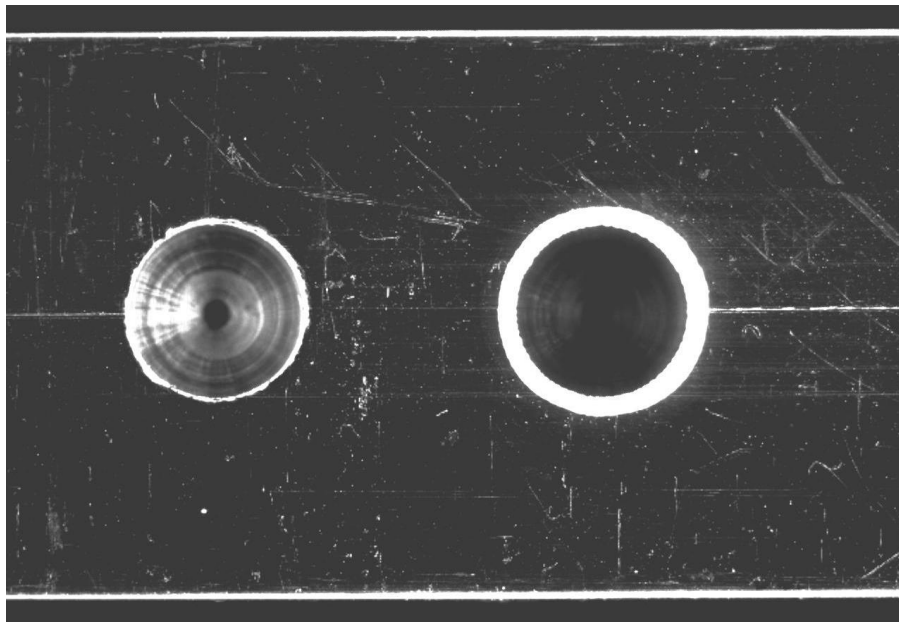
Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a vizsgálat elvégzésekor, egy külön robotkar alkalmazására van szükség, ami a munkadarabra helyezi a megvilágítót, majd a kép elkészülése után el is veszi onnan. Ehhez kapcsolódóan további probléma, hogy a szerkezeti kialakítás nem teszi lehetővé, hogy több furatot egy időben vizsgáljunk meg, egyszerre csak egy furat vizsgálata lehetséges. Megjegyzendő továbbá, hogy szintén szerkezeti okokból, nevezetesen a nagyon lapos szögben érkező sűrűfénynek köszönhetően, csak letöréssel rendelkező furatok vizsgálhatók vele. Letörés nélküli furat nem vizsgálható, elméletben teljesen sötét képet látunk, a gyakorlatban azonban, ahogy az az 5. méréshez tartozó képen is látható, ha a furat például nincs rendesen lesorjázva, ez láthatóvá válik ezzel a megvilágítással. A furat átmérőjének vizsgálatakor ez azonban hibának számít, e tulajdonság alapján nem végezhetünk pontos, nagy biztonságú méréseket.



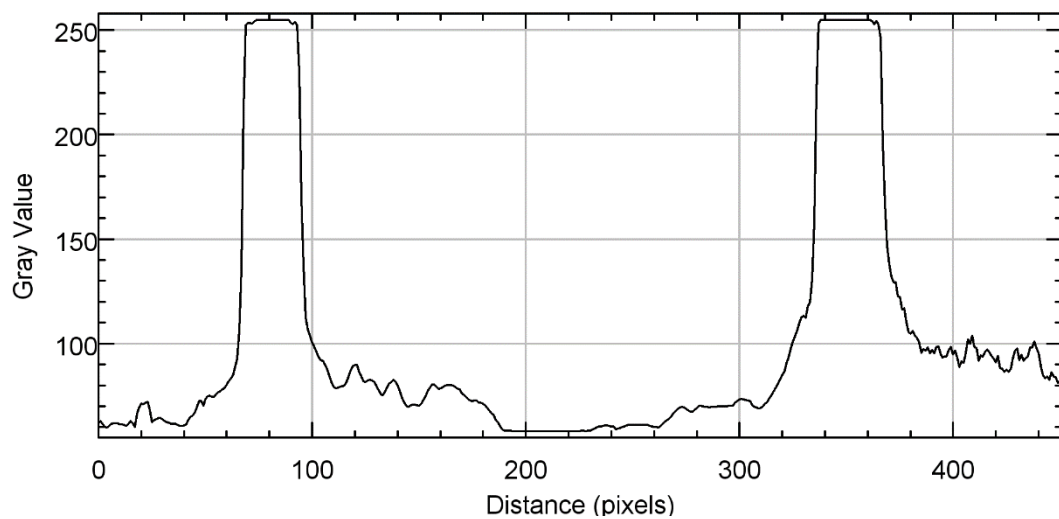
39. ábra - 5. mérés képe

A 3. mérésnél hasonló problémák merülnek fel, mivel az előzőkhez hasonlóan szintén 0 [mm] a távolság, viszont ennek az átmérője nagyobb, így akár két furat is belátható, és így egyidejűleg vizsgálható vele.

Amennyiben nincs szükségünk nagy pontosságra a mérések során, vagy nem az átmérő mérése a cél, valamint el akarjuk kerülni a 0 [mm]-es távolságból adódó hátrányokat, alkalmazhatunk sűrűfényes megvilágítást is, a 2. mérés alapján. Ez a 3. méréshez hasonló, annyi különbséggel, hogy a megvilágító és a munkadarab közötti távolság 5 [mm], vagyis nem szükséges külön mozgató használata a megvilágítóhoz.



40. ábra - 2. mérés képe



41. ábra - 2. mérés eredménye

Azonban látható, hogy az előzőkhez képest még szélesebb a felfutás és a lecsengés szakasza, így a mérés is sokkal pontatlanabb lesz, amennyiben az átmérő nagyságának meghatározása a célunk. A furat létének meghatározására viszont minden szempontból előnyös.

4.2.1.3.2.1 Kiértékelés

A speciális megvilágítás a legmegfelelőbb, alkalmazása elkerülhetetlen, ha nagy pontosságú méréseket szeretnénk végezni. A munkadarabra helyezett súrlófényes megvilágító alkalmazása abban az esetben ajánlott, ha a pontosság az előzőnél kisebb prioritást kap, és előnyösebb számunkra, ha egyszerre 2 furatot is ellenőrizni tudunk. A kissé távolabb helyezett súrlófényes megvilágítás előnye pedig, hogy nem szükséges külön mozgatókart építeni hozzá, ellenben ezért cserébe, még pontatlanabbá válik a mérésünk, de a furat létének meghatározásához még ez is teljességgel elegendő.

4.2.2. MÁSODIK MÉRÉS

4.2.2.1. A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja

A mérés során két munkadarab, ugyan azon tulajdonságát vizsgálom. Az első egy energiatalos doboz, a második egy dezodoros flakon. Mindkét esetben a darab alján, a homorú felületre nyomtatott szám minél jobb megjelenítése és így olvashatósága a cél. Ez egy meglehetősen általánosnak mondható képfeldolgozási probléma, sok ilyen típusú feladattal lehet találkozni. Az energiatalos doboz anyaga fémes, fényes felület, a dezodoros flakoné fekete, nagyon fényes felület, kvázi homorú tükörként viselkedik.

4.2.2.2. A mérés adatai

Mérés sorszama	Munkadarab	Megvilágító típusa	Lencse - megvilágító távolsága [mm]	Megvilágító - munkadarab távolsága [mm]	Lencse - munkadarab távolsága [mm]	Megvilágítás szöge [°]
1	energiatal	100 [mm] átmérőjű, súrlófényes	200	10	225	NA
2	energiatal	Vonal	200	110	225	40
3	energiatal	Égbolt	200	10	225	NA
4	energiatal	Égbolt	200	10	225	NA
5	dezodor	100 [mm] átmérőjű, súrlófényes	200	10	225	NA
6	dezodor	Vonal	200	110	225	40
7	dezodor	Vonal	200	110	225	50
8	dezodor	Vonal	200	110	225	50

2. táblázat

4.2.2.3. Eredmények

Bár a két feladat alapvetően hasonlít egymásra - mindkét esetben a célunk egy hasonló geometrián olvasható felirat láthatóvá tétele - mégis, anyagminőségük eltérése miatt egészen másképp kell kezelni őket, más-más megvilágítás lesz az optimális.

4.2.2.3.1 Energiatalos doboz

Ezt az esetet több fajta megvilágítással is vizsgáltam, ezek közül háromnál kaptam értékelhető eredményeket.

Az 1. mérés során sűrűfényes megvilágítóval dolgoztam, de a doboz közepe, a megvilágítás jellegéből adódóan, sötét maradt. Ennek kiküszöbölésére, mivel a megvilágító szerkezetéből adódóan a megvilágítás szögét nem lehet módosítani, a beállítások megváltoztatásával megkíséréltem „kiegétetni” a képet, ami egy túlexponált állapotot jelent, hogy ez által csak a fekete, nyomtatott számok által hordozott információ maradjon meg. Az optimális beállítások megtalálása után sem voltam elégedett a kép minőségével, így ezt az opciót elvettem.

A 2. mérést egy hidegfehér vonalvilágítóval végeztem, a 2. táblázatban megadott szögben megvilágítva a dobozt. Az eredmény meglepően jól látható betűket eredményezett, viszont az összeállítás szerkezetéből adódik, hogy a vonaltól távolabb eső vége sötétebb lesz. Ez akkor jelent problémát, ha a felirat a vizsgált vízszintestől eltérő szögben áll, így egy része, a kisebb fényerősségű részbe belelógva, olvashatatlaná válik. Megoldás lehet, ha figyelünk rá, hogy a dobozok, a szöveg szempontjából mindig a megfelelő szögben érkezzenek, de összességében a megoldás helyigényes, és nem nyújt annyi előnyt, mint hátrányt.

A 3. mérés során egy égbolt megvilágítót használtam. Ennél a mérésnél már sikerült megfelelően túlexponálni a képet, így, bár nem túl intenzíven, de még jól láthatóan, olvashatóan jelent meg a felirat.

A 4. mérés során a 3. mérést igyekeztem továbbfejleszteni. A 42. ábrát megfigyelve látható, hogy az égbolt típusú megvilágítás kialakítása teljesen alkalmas lenne ezen feladat vizsgálatára, viszont a közepén lévő sötétebb terület nehezen olvashatóvá teszi a feliratot. Az égbolt megvilágításnak a gyakorlatban, mivel a felvevő eszköznek is át kell tudni látni rajta, nincs zárt kupola alakja, a tetején lyukas. Ebből, a nem teljesen záródó kupolából adódik, hogy a 42. ábrán, közepén, kisebb fénysűrűségű foltot találunk. A kupola teljes zárásával minden szempontból tökéletes megvilágítást kapnánk erre a feladatra. Ezt megtehetjük, ha egy tengelyirányú megvilágítót helyezünk az égbolt megvilágító lyukas részére, ezzel kiegészítendő a kupolát, de egyúttal átengedjük a detektorba érkező fénysugarakat is. Az így kapott összeállítás egyenletes megvilágítást és jó láthatóságot biztosít. Sajnos azonban a laborban nem állt rendelkezésemre ilyen típusú megvilágító, így kép sem készült erről az esetről.

4.2.2.3.1.1 Kiértékelés

A feladat megoldására mindenképpen az égbolt megvilágító és tengelyirányú megvilágító kombinációját javaslom. A súrlófényű megvilágító ugyan kevesebb helyet foglal, de a készített kép feldolgozása bonyolultabbá válik, mivel a megvilágítás nem optimális. A vonalvilágító alkalmazásakor nagy hátrány, hogy figyelniük kell a szöveg orientációjára, és egyáltalán nem helytakarékosabb az égbolt világítót tartalmazó összeállításnál.



42. ábra – 4. mérés képe

4.2.2.3.2 Dezodoros flakon

A választott flakon alján található zöld színű felirat szabad szemmel is nehezen látható, a fényes, fekete anyagon, így érdekes kihívásnak bizonyult. Több mérési elrendezés megvizsgálása után két fajta megvilágítást találtam használhatónak.

Az 5. mérés során egy súrlófényes megvilágítót használtam, a 43. ábrán látható az eredmény. A felirat jól olvasható, de a flakon peremén látható fényesebb kör gondot okozhat a feldolgozás során.

A 6. mérés során igyekeztem kiküszöbölni az 5. méréskor látható körgyűrűt, ezért egy vonalvilágítót alkalmaztam. Az eredmény a 44. ábrán látható. A 7. mérés során az előzőkhez képest változtattam a megvilágító szögén, ezzel megmutatva, hogy ennél az összeállításnál különösen fontos a beeső fénysugarak szöge. Ebből adódóan, a 7. méréshez tartozó képen, látható minőségi romlás következik be. Ennek a megoldásnak a hátránya, a 4.2.2.3.1. pontban taglaltakhoz hasonlóan, hogy figyelni kell a flakon szövegének orientációjára. A nem megfelelő orientációból adódó hátrányokat a 8. mérés során demonstráltam is.



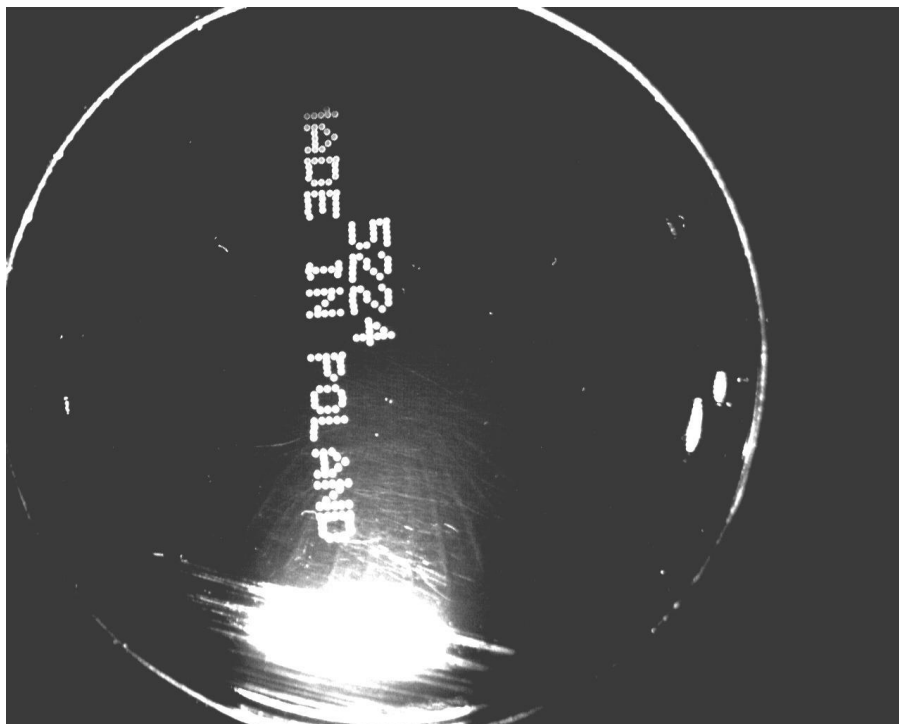
43. ábra – 5. mérés képe



44. ábra – 6. mérés képe



45. ábra - 7. mérés képe



46. ábra - 8. mérés képe

4.2.2.3.2.1 *Kiértékelés*

Amennyiben a gyártás során megoldható, hogy a szöveg mindig megfelelően legyen orientálva, úgy a vonalvilágító az optimális megoldás. Ha erre nincs lehetőség, akkor bár a feldolgozás több akadályba ütközhet, de ebben az esetben a súrlófényes megoldást javaslom, a gyártósor átépítésével szemben.

4.2.3. HARMADIK MÉRÉS

A harmadik mérés az előzőktől eltérő típusú. Gyakorlati vonatkozása is lehet, például egy elektronikai eszköz huzalozásának ellenőrzésekor, azonban alapvetően arra a kérdésre keresem a választ, hogy milyen szerepük lehet, vagy van-e egyáltalán létjogosultságuk az RGB típusú megvilágítóknak az ipari képfeldolgozás területén? Legtöbb esetben ezt a fajta megvilágítást ugyanis díszkivilágítás létrehozására alkalmazzuk, egyszerű színkeverő tulajdonsága folytán.

Mint azt az előző két mérés során is láttuk, az alkalmazások nagy többségében éleket és hiszterézis alapú eljárásokat alkalmazunk, a szín ritkán hordoz információt. Sok munkadarab vizsgálatakor irreleváns ez a tényező. Ha a felület szürke, fémes színű, akkor a megvilágításra használt különböző színek közel azonos mértékben verődnek vissza róla. Egyedül réz felület vizsgálata esetén lehet érdemes figyelembe venni a színt, az ugyanis egy kicsivel kevesebb kéket ver vissza, így a jobb megvilágítottságért érdemes vöröst használni. Ezen felül a használt kamerákat is legtöbbször érdemes szürkeárnyalatos üzemmódban használni, mivel a képek feldolgozása, az fényerősség mérése egyszerűbbé válik, miközben a releváns információk megmaradnak.

Ha így van, van-e létjogosultsága a különböző színű LED megvilágításoknak, legfőképp az RGB megvilágítóknak?

Mint azt eddig is tapasztalhattuk, a képfeldolgozási feladatok felettébb szerteágazóak, még - ahogy az az előző két mérés során is látható volt - egy-egy, hasonló típusúnak tűnő feladatot is teljesen más megközelítéssel és technikával kell megoldani.

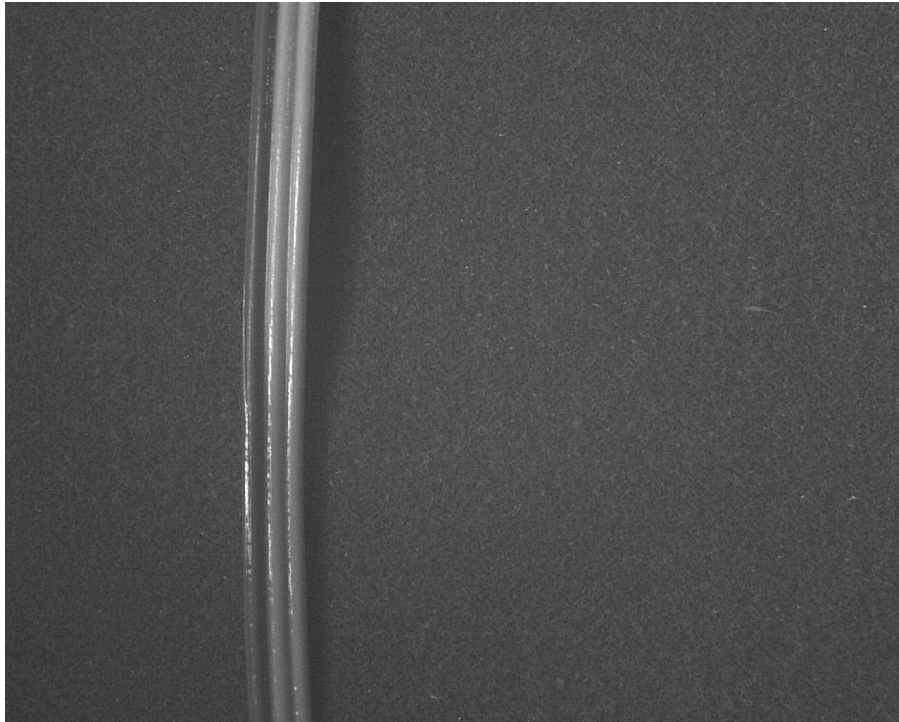
4.2.3.1. *A munkadarab tulajdonságai és a mérés célja*

A vizsgálat során három, különböző színű borítással bevont vezetékot vizsgálok. A vezeték kiválasztása során a feladat komplexitásának növelése érdekében igyekeztem kevésbé markánsan eltérő színeket választani, így a választott vezeték valós színei, az elkészített képeken balról jobbra: szürke, piros, őszibarackszín.

4.2.3.2. *A mérés adatai*

A mérés során RGB Spot, 750 [nm] hullámhosszú Infra Spot, Természetes fehér Spot, és 400 [nm] hullámhosszú UV Spot LED-ekkel dolgoztam. A mérés elrendezésénél

fontos szempont, hogy a vezetékeket a Spot lámpákkal szálirányban kell megvilágítanunk. Ha a szátra merőlegesen történik a megvilágítás, úgy a 47. ábrán látható módon, a kamerába visszaverődő fénysugarak miatt, becsillan a munkadarab, feleslegesen rontva az elkészített kép minőségét. A megvilágítás szöge 45° .



47. ábra - Keresztirányú megvilágítás, 13. mérés

Az RGB Spot LED kialakításából adódóan, mivel a rendelkezésemre álló példány sajnos semmilyen módon nem tudta kijelezni az épp aktuális RGB értékeit, így a mérés rekonstruálhatósága érdekében a két végpont, 0 és 255 használatával, azok kombinációját alkalmazva végeztem el a mérést. A további, alkalmazott LED-eknél nem volt lehetőség a hullámhossz beállítására.

Mérés sorszáma	Megvilágító típusa	SZÍN			Megjegyzés
		R	G	B	
1	RGB Spot	255	255	255	Fehér
2	RGB Spot	0	255	255	Türkiz
3	RGB Spot	255	0	255	Magenta
4	RGB Spot	255	255	0	Sárga
5	RGB Spot	255	0	0	Vörös
6	RGB Spot	0	255	0	Zöld
7	RGB Spot	0	0	255	Kék
8	Természetes fehér Spot				
9	Infra Spot 750 [nm]				
10	UV Spot 400 [nm]				
11	RGB Spot				Színes felvétel
12	Természetes fehér Spot				Színes felvétel
13	Természetes fehér Spot				Csillogó, keresztirányú megvilágítás
14	RGB Spot	-	-	-	

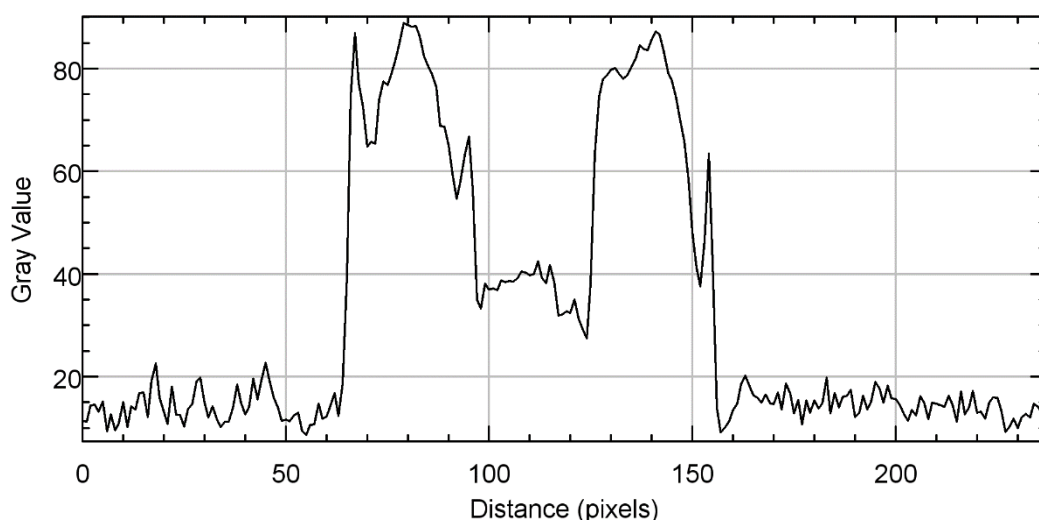
3. táblázat

4.2.3.3. Eredmények

A vizsgálatot két külön részre bontottam, attól függően, hogy az elkészült kép szürkeárnyalatos, vagy színes.

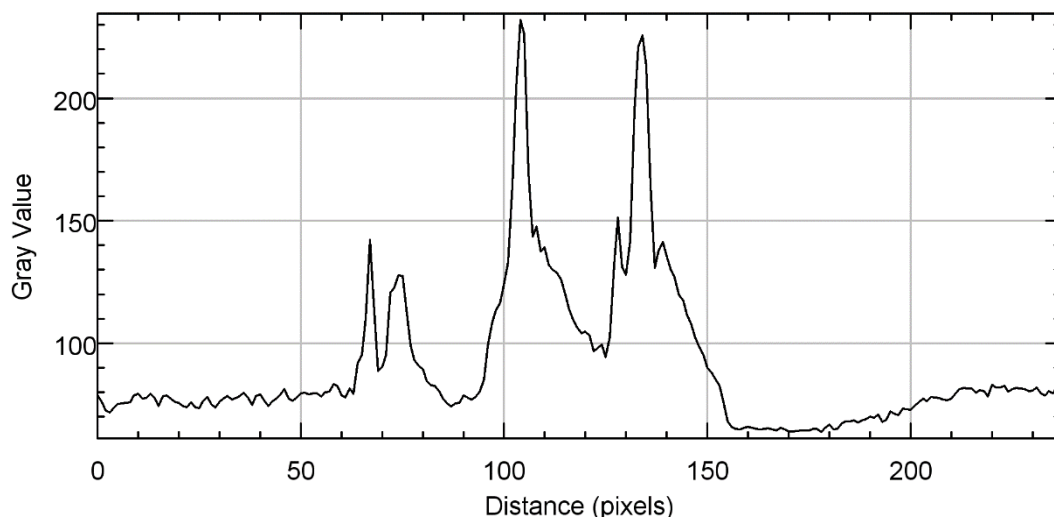
4.2.3.3.1.1 Szürkeárnyalatos kép

Ebben az esetben az egyes vezetékek fényssűrűség értékét hasonlítottam össze, az adott RGB értékekhez párosítva. Itt a kiemelő eredmények egyrészt, hogy, a várakozásoknak megfelelően, ha a vizsgált szín jó közelítéssel csak egyetlen színösszetevőt tartalmaz, és a megvilágítás során e komponens értékét 0-ra állítjuk, akkor az elkészült és feldolgozott képen, ezen színű munkadarab lesz a legalacsonyabb fényssűrűség értékű. Példának okáért a 2. mérés során, amikor piros összetevő nélküli, türkiz színnel világítottam meg a munkadarabot, a piros vezeték fényssűrűsége láthatóan a legalacsonyabb lett, a három közül.



48. ábra – 2. mérés eredménye

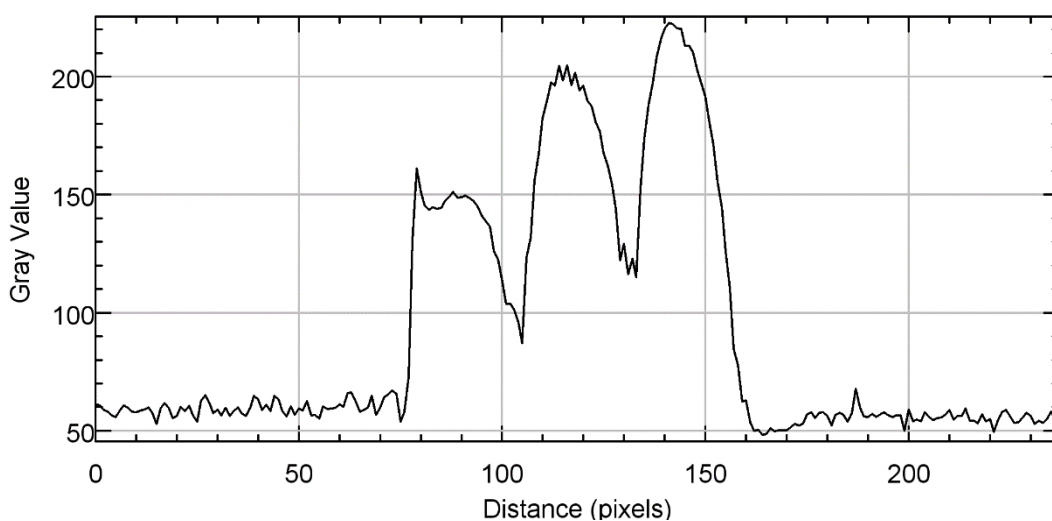
Továbbá bebizonyosodott, hogy a keresztirányú megvilágítás valóban szignifikánsan rontja a feldolgozás minőségét. Ahogy az a 49. ábrát megfigyelve látható, a becsléslanásból adódó zavarfény véletlenszerű csúcsokat hoz létre, ami ellehetetleníti a megbízható kiértékelést.



49. ábra - 13. mérés eredménye

A 14. mérésnél a 3. számú táblázatból hiányoznak az RGB értékek. Ennek magyarázata, hogy ennél a mérésnél az RGB Spot lámpával igyekeztem olyan szint kikeverni, aminél a feldolgozott képen határozottan elkülönülnek a különböző színű vezetékek. Azonban a feldolgozás során kiderült, hogy a 8. mérés során használt természetes fehér Spot lámpa, ebből a szempontból jobb tulajdonságokkal bír. Az 50. ábrán látható, ahogy határozottan elkülönülnek a vezetékek.

A további, elkészített képek, és azok eredményei megtalálhatók a CD mellékletben.



50. ábra - 8. mérés eredmény

4.2.3.3.1.2 Színes kép

Ebben az esetben, továbbra is az Image-J programot használva megállapítottam az egyes, képen látható vezetékek színeinek RGB kódjait. Az eredményeket a 4. táblázat foglalja össze.

Mérés sor-száma	Valós szín neve	Valós szín			Mért szín		
		R	G	B	R	G	B
11	Szürke	128	128	128	162	148	145
11	Piros	255	0	0	250	169	184
11	Őszibarackszín	255	220	186	254	204	213
12	Szürke	128	128	128	120	111	114
12	Piros	255	0	0	231	153	130
12	Őszibarackszín	255	220	186	255	210	177

4. táblázat

A kapott számadatokat összevetve, a 12. mérés a jobb, jó közelítéssel az elvárt értéket adja, de még így is, közel sem ad megbízható eredményt a színek felismerése szempontjából.

4.2.3.3.1.3 Kiértékelés

A mérés kimutatta, hogy bár adná magát, hiszen színek vizsgálatáról van szó, a színes kamera használata valójában közel sem a legjobb megoldás. A színek kezelése lassú, nehézkes és kisebb megbízhatóságú. Amint az látható volt, a két készített színes kép közül az egyik megközelítette ugyan az elvárt értékeket, de mérésre így sem aján-

latos használni. A legmegbízhatóbb eredményt akkor kapjuk, ha szürkeárnyalatos képet készítünk, és egy, az aktuális RGB értékeket megadni képes RGB Spot lámpát használva, adott lépésközönként bejárjuk az elérhető színskálát, majd a képeken megvizsgáljuk, hogy melyik RGB megvilágítás értékeknél volt az adott vezeték fénysűrűsége a lehető legnagyobb. Ez a módszer azonban meglehetősen hosszadalmas is lehet. Jelen esetben, mivel a vezetékek sorrendje kötött, ha ismerjük a sorrendet, és a vizsgálandó színeket, lehetőség van rá, hogy az egyik szélső szint meghatározva, kikövetkeztessük a vezetékek sorrendjét.

A mérés tanulsága tehát, hogy az RGB LED-eknek, viszonylag ritka alkalmazásuk ellenére van létjogosultságuk az ipari képfeldolgozás területén. Ezen mérés során a színes kamerák tulajdonságai és képességei egyáltalán nem javítottak a minőségen, ám ebből nem vonható le az a következtetés, hogy feleslegesek lennének. Akadhat olyan terület, ahogy az az RGB LED-ek példáján keresztül is látható, ahol kifejezetten a színes kamerák használata jelentheti az optimális megoldást.

5. PIACKUTATÁS

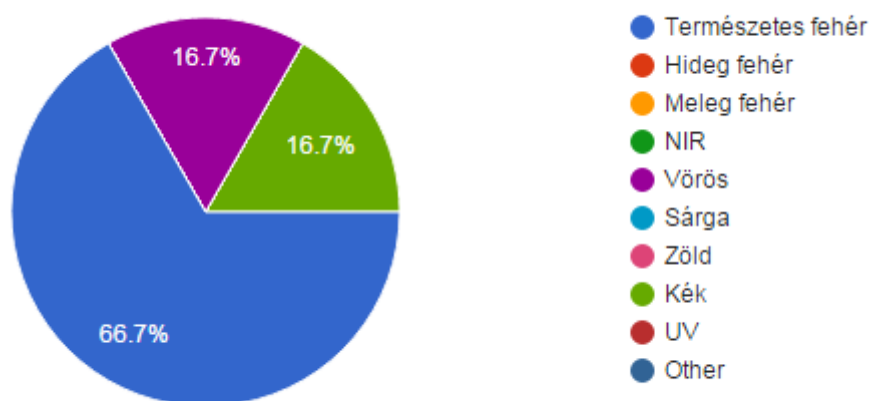
A szakdolgozat készítése közben kíváncsi lettem, hogy a megannyi vizsgált, létező megvilágítások közül, az iparban melyek vannak elsősorban használatban. Ezért, az OMI-nak köszönhetően, lehetőségem nyílt megkeresni különböző, ipari képfeldolgozást és az általam is vizsgált LED megvilágítókat alkalmazó cégeket. A minta, kis elemszáma miatt egyáltalán nem tekinthető reprezentatívnak. A kiküldött kérdőívekre 6 válasz érkezett, azonban ezek is érdekes eredményekkel szolgáltak.

A vizsgált munkadarabok a legkülönbözőbbek, nincs két egyforma. Ez várható is volt, hiszen, amint azt a dolgozatom is mutatja, rengeteg területen használhatók a képfeldolgozási eljárások, a megvilágítás nehézségét éppen ez adja, mert szinte minden feladathoz egyedi konstrukció megtervezése szükséges.

Az ellenőrzés jellege nagyjából gyártósori ellenőrzés, de mintavételes ellenőrzésre is éppúgy használják az eljárást, ez is a várakozásoknak megfelelő eredmény.

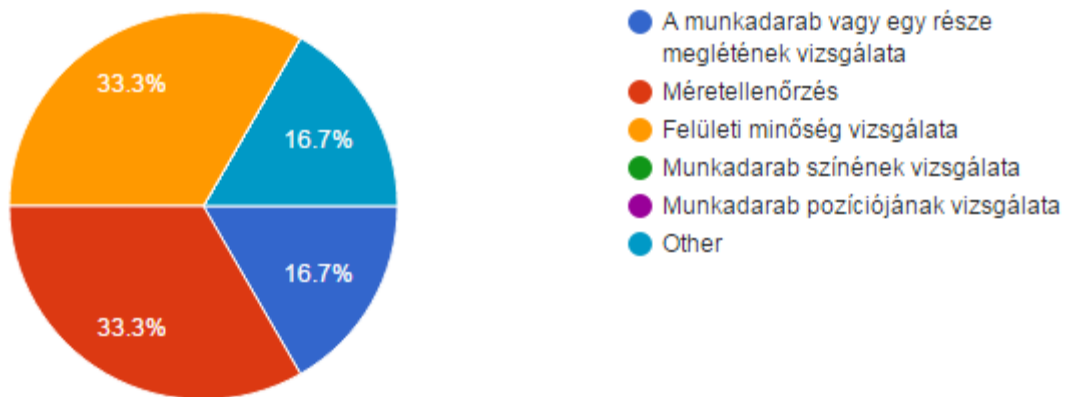
A munkadarab felülete adott, így arra nem térek ki, valamint a megvilágítás típusa is következik a feladat jellegéből.

A megvilágítás színe túlnyomórészt természetes fehér, valamint érkezett visszajelzés vörös és kék szín használatáról is. Mint a mérések során látható volt, ez elegendő is, csak speciális esetben van szükség ezektől eltérő színek alkalmazására.



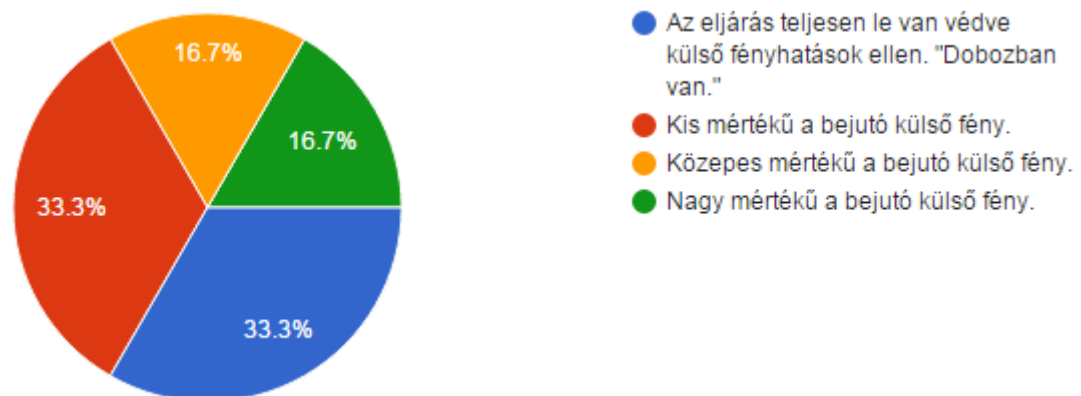
51. ábra - A megvilágítás színe

Az ellenőrzés célja nem egységes, mindenféle típusú feladatra használják ezt a fajta vizsgálatot ez, valamint a képfeldolgozási eljárás jellege, kapcsolódik a vizsgált munkadarabok sokszínűségéhez.



52. ábra - Az ellenőrzés célja

A zavarfényekkel szembeni védekezéstről a válaszadók nagy része gondoskodik, 2/3-uk jelölte meg a teljesen védett, illetve a kis mértékű zavarfény kategóriát. Ezek vagy természetes napfény, vagy a csarnok megvilágítása által keltett zavarfények.



53. ábra - Bejutó zavarfény mennyisége

Számomra meglepő eredmény viszont, hogy a kamera, a válaszadók 1/3 részénél nem merőlegesen, hanem valamilyen szögben helyezkedik el a munkadarabhoz képest, valamint hogy ez az egyik esetben, egy Spot világítóval történő méretellenőrzéssel párosul. Ha nem merőleges a kamera és a vizsgált felület közötti szög, torzulás lép fel, amit méretellenőrzésnél mindenképpen figyelembe kell venni. Valószínűleg környezeti, vagy a munkadarab szerkezetéből adódó tulajdonságok miatt kellett, ezt a kevésbé kényelmes megoldást választani.

A teljes kérdőívet, valamint a beérkezett válaszokat, táblázatos formában, tartalmazza a CD melléklet.

6. ÖSSZEFOGLALÁS/EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

6.1. Eredmények

A szakdolgozatom célja az ipari képfeldolgozásban, az egyes eljárások során használandó LED megvilágítások bemutatása, rendszerezése, az egyes munkadarab - megvilágító párosítások kísérleti igazolása volt. A jelenleg ezen a területen elérhető termékek, és alkalmazások jelentős száma, valamint a rendelkezésre álló idő rövideje és az általam elérhető eszközök a teljes palettához képesti viszonylagos szűkösége miatt, a rendszerezés méréssel történő igazolásakor elsősorban általános, gyakran előforduló esetekre fókuszáltam. Ezen a kiemelt részen sikeresen igazoltam az adott LED megvilágítás alkalmazásának szükségességét. A rendszerezés során felmerülő rengeteg vizsgálati szempontból, az általam fontosnak tartottakat választottam ki, és mutattam be. A feladatkiírásban szereplő pontokat maradéktalanul teljesítettem, valamint azokon felül, egy piackutatást is végeztem. Ennek célja a dolgozatomban felsorolt megvilágítások, és alkalmazások gyakorlati használatának igazolása volt. Az általam felkeresett, ipari képfeldolgozási eljárásokat használó cégek visszajelzései alapján ugyan, reprezentatív minta hiányában, messzemenő következtetést nem lehet levonni, de a kapott, egyelőre kis elemszámú minta az előzetes várakozásoknak megfelelő, egybevág azokkal a tendenciákkal és szempontokkal, amik alapján felépítettem és megadtam a rendszerezés sajátosságait. A mérések során bemutattam a környezeti jellemzők és a mérés követelményeinek a kép készítésére vonatkozó befolyását. Az első mérésben láthattuk, hogy a megkövetelt pontosság meghatározza az alkalmazandó megvilágítás sajátosságait. A második mérésben látható, hogy a munkadarab anyagminősége, és orientációja is jelentős tényező a megvilágítás szempontjából. A harmadik mérés tanulsága pedig, hogy adott esetben érdemes kitekintenünk az eddigi, általánosan használt megvilágítók, és az általánosan jellemző párosítások köréből, mert előfordulhat, hogy feladatunkhoz egy ezektől különböző megoldás biztosítja a legjobb eredményt.

6.2. Javaslatok/Következtetések/Tanulságok

Az említett, és bemutatott termékek alkalmazásának számtalan variációja lehetséges, figyelembe véve a képfeldolgozás környezetének a feldolgozásra vett, nem elhanyagolható befolyását az így keletkező lehetőségek bemutatása messzemenően túlmutat ezen dolgozaton, annak terjedelmi és időbeli korlátain. Továbbfejleszteni, elsősorban az itt bemutatott példák bővítésével, illetve azok további részletes vizsgálatával lehet. Továbbá a vizsgálat kiterjesztése is fontos szempont, minél több, a megvilágításban szerepet játszó változó bevonásával, úgymint a környezeti megvilágítás fajtája, erőssége, beesési szöge, a detektor minősége, további következtetéseket vonhatunk le.

7. FELHASZNÁLT FORRÁSOK

SZERZŐ(K) NEVE (1999): *Írásművének címe*. Kiadó, Kiadó székhelye. Egyéb azonosítók

1. *Lézertechnika jegyzet*, BME Atomfizika tanszék. 6. fejezet
2. SIEMENS CORPORATE (2008) *Siemens press release*.
<http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2008/osram/osram-energy-saving-light-gp.htm>
3. *Fényforrások* BME Atomfizika tanszék. ff_2014_11_LED_X.pptx
4. DR. HABIL WENZELNÉ GERŐFY KLÁRA: *Színtan jegyzet*, BME MOGI tanszék
5. <http://www.fotovonal.hu>
6. OPTIKA MÉRNÖKIRODA KFT. WEBOLDALA. <http://omi-optika.hu>
7. CCS AMERICA, INC. WEBOLDALA. <http://www.ccsamerica.com/>
8. DI-SORIC WEBOLDALA. <https://www.di-soric.com/>
9. EDMUND OPTICS WEBOLDALA. <http://www.edmundoptics.eu/>
10. INNOVATIONS IN OPTICS WEBOLDALA. <http://www.innovationsinoptics.com/>
11. JUPITER TECH KFT. WEBOLDALA. <http://jupitertech.hu/>
12. MIGHTEX SYSTEMS WEBOLDALA. <http://www.mightexsystems.com/>
13. MICROSCAN WEBOLDALA. <http://www.microscan.com/en-us/home.aspx>
14. PHOENIXOPTIX WEBOLDALA. <http://www.phoenixoptix.com/>
15. PRIOR-SCIENTIFIC WEBOLDALA. <http://www.prior-scientific.co.uk/>
16. PRIZMATIX WEBOLDALA. <http://www.prizmatix.com/>
17. SENSOPART WEBOLDALA. <http://www.sensopart.com/de/>
18. SMART VISION LIGHTS WEBOLDALA. <http://smartvisionlights.com/>
19. WALDMANN WEBOLDALA. <http://www.waldmann.com/>
20. SIEMENS CORPORATE RESEARCH AND TECHNOLOGIES (2011): *Adaptive lighting for machine vision applications*. IEEE Computer society.

8. SUMMARY

As the LED lighting prevails in machine vision technology, the number of the available products increase even further. With this many possibility, it is hard to choose, which lighting works best, for the given application, considering the difficulty on account of the considerable variables, e.g. the material and the surface of the examined product, the chosen examination's method the running time requirements, the space constrains given by the already existing environment. The presented thesis represents this systematization for today's LED lighting applications in machine vision. As there is a wide range of these applications, this summary helps to consider the optimum choice for anyone who might using this technology. It contains the presentation of the organization from many different viewpoints, recommendations of the applications in general, shows the LED lighting's recommended layout, and a set of recommended pairs of certain product types and their lightings. After doing so, it shows a method of measuring the usability of the application, and thus verify the previously presented systematization. The document contains an outlook of today's LED lighting applications in machine vision, in the Hungarian industry.

Keywords: *machine, vision, LED, lighting, application, industrial, industry, systematization, organize*

9. MELLÉKLET

1. mérés eredményei

Mérés sorszáma	Megvilágító típusa	Lencse - megvilágító távolsága [mm]	Megvilágító - munkadarab távolsága [mm]	Lencse - munkadarab távolsága [mm]	A megvilágító helyzete	Objektív fókusztávolsága [mm]	Erősítés	Háttér - világítás	Expozíciós idő [ms]	Blende
1	100 [mm] átmérőjű, súrlófényes	347	8	365	Középre igazítva	50	74	0	65,338	2
2	50 [mm] átmérőjű, súrlófényes	340	5	365	Középre igazítva	50	88	172	29,709	2,8
3	50 [mm] átmérőjű, súrlófényes	345	0	365	Középre igazítva	50	88	172	29,709	2,8
4	Speciális, letöréssel rendelkező furatokra épített megvilágító	305	0	365	Letöréssel rendelkező furatokra igazítva	50	133	0	9,942	2
5	Speciális, letöréssel rendelkező furatokra épített megvilágító	305	0	365	Letörés nélküli furatokra igazítva	50	133	0	9,942	2
6	Égbolt	60	240	365	Középre igazítva	50	143	319	3,84	2
7	Gyűrűvilágító	110	200	365	Középre igazítva	50	42	0	2,669	2,8
8	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	300	5	365	Középre igazítva	50	32	202	29,709	2,8
9	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	300	5	365	Letörés nélküli furatokra igazítva	50	62	85	51,489	2,8
10	Speciális, vegyesen diffúz és körvilágító	110	200	365	Letöréssel rendelkező furatokra igazítva	50	85	4	15,861	2,8

2. mérés eredményei

Mérés sorszáma	Munkadarab	Megvilágító típusa	Objektív fókusztávolsága [mm]	Erősítés	Háttérvilágítás	Expozíciós idő [ms]	Lencse - megvilágító távolsága [mm]	Megvilágító - munkadarab távolsága [mm]	Megvilágítás szöge [°]	Lencse - munkadarab távolsága [mm]	Blende
1	energiaital	100 [mm] átmérőjű, sűrűfényes	16	167	232	184,872	200	10	-	225	1,4
2	energiaital	Vonal	16	134	102	279,88	200	110	40	225	4
3	energiaital	Égbolt	16	155	166	17,176	200	10	-	225	2,8
4	energiaital	Égbolt	16	80	166	17,176	200	10	-	225	2,8
5	dezodor	100 [mm] átmérőjű, sűrűfényes	16	201	138	279,88	200	10	-	225	2,8
6	dezodor	Vonal	16	201	138	279,88	200	110	40	225	2,8
7	dezodor	Vonal	16	201	138	279,88	200	110	50	225	2,8
8	dezodor	Vonal	16	32	70	23,791	200	110	50	225	2,8

3. mérés eredményei

Mérés sorszáma	Megvilágító típusa	SZÍN			Megjegyzés	Blende	Objektív fókusztávolsága [mm]	Erősítés	Háttérvilágítás	Expozíciós idő [ms]
		R	G	B						
1	RGB Spot	255	255	255	Fehér	2,8	16	100	511	28,236
2	RGB Spot	0	255	255	Türkiz	2,8	16	120	511	28,236
3	RGB Spot	255	0	255	Magenta	2,8	16	120	511	28,236
4	RGB Spot	255	255	0	Sárga	2,8	16	100	511	28,236
5	RGB Spot	255	0	0	Vörös	2,8	16	120	511	28,236
6	RGB Spot	0	255	0	Zöld	2,8	16	180	511	28,236
7	RGB Spot	0	0	255	Kék	2,8	16	240	511	28,236
8	Természetes fehér Spot					2,8	16	33	511	76,317
9	Infra Spot 750 [nm]					2,8	16	240	511	28,236
10	UV Spot 400 [nm]					2,8	16	60	511	11,915
11	RGB Spot				Színes felvétel	2,8	16	240	511	28,236
12	Természetes fehér Spot				színes felvétel	2,8	16	60	511	11,915
13	Természetes fehér Spot				Csillogó, keresztirányú megvilágítás	2,8	16	240	511	28,236
14	RGB Spot	-	-	-			16	120	511	28,236

Termékcsaládok összehasonlító táblázata

Spot megvilágítók

Gyártó	Típus	Fény-struktúra	Szín	Hullámhossz / Színhőmérséklet	Fény-áram	Megvilágító mérete [mm]	Elektromos tápigény (max) [W]
CCS	HSL Series	Direkt	Fehér	NA	350 lx	Ø 58 x 100	4,6
CCS	HSL Series	Direkt	Kék	NA	100 lx	Ø 58 x 100	4,6
CCS	HSL Series	Direkt	Zöld	NA	300 lx	Ø 58 x 100	4,6
CCS	HSL Series	Direkt	Vörös	NA	200 lx	Ø 58 x 100	4,6
CCS	LSP Series	Direkt	Vörös	660 nm	NA	Ø 41 x 40	20
CCS	LV Series	Direkt	Fehér	5500 K	NA	Ø 27 x 50	0,4
CCS	LV Series	Direkt	Kék	470 nm	NA	Ø 27 x 50	0,4
CCS	LV Series	Direkt	Zöld	525 nm	NA	Ø 27 x 50	0,6
CCS	LV Series	Direkt	Vörös	630 nm	NA	Ø 27 x 50	0,8
CCS	HLV2 Series	Direkt	Fehér	4700 K	NA	Ø 14 x 28	0,9
CCS	HLV2 Series	Direkt	Kék	465 nm	NA	Ø 14 x 28	0,9
CCS	HLV2 Series	Direkt	Zöld	520 nm	NA	Ø 14 x 28	0,9
CCS	HLV2 Series	Direkt	Vörös	645 nm	NA	Ø 14 x 28	0,9
CCS	HLV2 Series	Direkt	Fehér	5300 K	NA	Ø 14 x 62	1,4
CCS	HLV2 Series	Direkt	Kék	465 nm	NA	Ø 14 x 62	1,4
CCS	HLV2 Series	Direkt	Zöld	520 nm	NA	Ø 14 x 62	1,4
CCS	HLV2 Series	Direkt	Vörös	645 nm	NA	Ø 14 x 62	1,4
CCS	HLV2 Series	Direkt	Fehér	5300 K	NA	Ø 12 x 62	2,8
CCS	HLV2 Series	Direkt	Kék	465 nm	NA	Ø 12 x 62	2,8
CCS	HLV2 Series	Direkt	Zöld	520 nm	NA	Ø 12 x 62	2,8
CCS	HLV2 Series	Direkt	Vörös	645 nm	NA	Ø 12 x 62	2,8
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Fehér	NA	200 lm	Ø 25 x 50	3

OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Kék	NA	NA	Ø 25 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Zöld	NA	NA	Ø 25 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Sárga	NA	NA	Ø 25 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Vörös	NA	NA	Ø 25 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Direkt	Infra	NA	NA	Ø 25 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Fehér	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Kék	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Zöld	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Sárga	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Vörös	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Háttérvilá- gító	Infra	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Vetítő	Fehér	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Vetítő	Kék	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Vetítő	Zöld	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Vetítő	Sárga	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3
OPTIKA Mérnök- iroda	LED SPOT	Vetítő	Vörös	NA	NA	Ø 25 / Ø 40 x 50	3

OPTIKA								
Mérnök-iroda	LED SPOT	Strukturált fény világító	Fehér	NA	NA	∅ 30 / ∅ 40 x 90	3	
OPTIKA								
Mérnök-iroda	LED SPOT	Strukturált fény világító	Kék	NA	NA	∅ 30 / ∅ 40 x 90	3	
OPTIKA								
Mérnök-iroda	LED SPOT	Strukturált fény világító	Zöld	NA	NA	∅ 30 / ∅ 40 x 90	3	
OPTIKA								
Mérnök-iroda	LED SPOT	Strukturált fény világító	Sárga	NA	NA	∅ 30 / ∅ 40 x 90	3	
OPTIKA								
Mérnök-iroda	LED SPOT	Strukturált fény világító	Vörös	NA	NA	∅ 30 / ∅ 40 x 90	3	
Microscan	Max 45	Direkt	Fehér	5000 K - 8300 K	151 lm	57 x 45 x 30,5	1,8	
Microscan	Max 45	Direkt	Vörös	625 nm	49 lm	57 x 45 x 30,5	1,8	
Microscan	Max 100	Direkt	Fehér	5000 K - 8300 K	604 lm	57 x 106 x 30,5	6,6	
Microscan	Max 100	Direkt	Vörös	625 nm	195 lm	57 x 106 x 30,5	6,6	
Microscan	Max 300	Direkt	Fehér	5000 K - 8300 K	1813 lm	57 x 300 x 30,5	18	
Microscan	Max 300	Direkt	Vörös	625 nm	584 lm	57 x 300 x 30,5	18	
Di-soric	Spotlights	Direkt	Fehér	5600 K	6000 lx	∅ 21 x 60	2,5	
Di-soric	Spotlights	Direkt	UV	365 nm	μW/cm ²	∅ 21 x 60	3,5	
Di-soric	Spotlights	Direkt	Kék	469 nm	1400 lx	∅ 21 x 60	3,5	
Di-soric	Spotlights	Direkt	Zöld	525 nm	5800 lx	∅ 21 x 60	3,5	
Di-soric	Spotlights	Direkt	Vörös	625 nm	3200 lx	∅ 21 x 60	3	
Di-soric	Spotlights	Direkt	Infra	850 nm	1800 μW/cm ²	∅ 21 x 60	2,5	