 Forvia Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	Ver.: 1.6 page 1 of 20
Subject: Naloga za EMC tekmovanje 2025  Reference:	Div.: HSS-D Dept../Gr.: HSS-E-D Attachments:	


# EMC tekmovanje 2025

## Tekmovalna naloga

Ver. 1.7


24. 02. 2025

Ver.	Datum	Ime	Opis sprememb
1.0	19.12.24	A. Krejan, B. Perko, M. Babič, B. Novinšek	Prva verzija
1.1	10.01.25	A. Krejan, B. Perko, M. Babič, B. Novinšek	Sprememba topologije driverja in vhodnega konektorja, definiranje PWM vhoda
1.2	27.1.25	M. Jankovec	En kup sprememb v delu in dodani kriteriji
1.3	04.02.25	M. Babič	
1.4	6.2.25	M. Jankovec	Popravljen točkovanje in kriteriji
1.5	11.2.25	M. Jankovec	Dopolnitev kriterijev, določitev terminskega plana, manjši popravki
1.6	18.2.25	M. Jankovec	Dodane predloge iz Altium designerja, manjše korekcije
1.7	24.2.25	M. Jankovec	Manjše korekcije, slovnica, itd...

 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 2 of 20

<b>1</b>	<b>Uvod</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Opis naloge:</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Načrtovalske zahteve</b> .....	<b>5</b>
	3.1 Funkcionalne zahteve: .....	5
	3.2 Električne zahteve: .....	5
	3.3 Mehanske zahteve: .....	6
	3.4 Določitev cene komponent .....	9
	3.5 EMC zahteve.....	9
	3.5.1 Prevodne emisije .....	9
	3.5.2 Sevalne emisije do 30 MHz.....	11
	3.5.3 Sevalne emisije od 30 MHz do 1 GHz.....	12
	3.5.4 Imunost na vsiljene tokove (BCI) emisije - metoda substitucije .....	13
	3.5.5 Imunost na elektromagnetno sevanje (RI) .....	15
<b>4</b>	<b>Ocenjevanje:</b> .....	<b>17</b>
	4.1 Doseganje danih načrtovalskih zahtev: .....	17
	4.2 Doseganje elektromagnetne združljivosti - emisije.....	18
	4.2.1 Prevodne emisije .....	18
	4.2.2 Sevalne emisije .....	18
	4.2.3 Izračun dodatnih točk: .....	18
	4.3 Doseganje elektromagnetne združljivosti – imunost .....	20
	4.3.1 Imunost na vsiljene tokove (BCI) .....	20
	4.3.2 Imunost na sevalne motnje (RI).....	20
	4.4 Cena gradnikov .....	20
	4.5 Skupno število točk: .....	20

---

 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 3 of 20

## 1 Uvod

Namen tega dokumenta je določiti nalogo, zahteve in pogoje za tekmovalce, ki so se prijavili na delavnico in tekmovanje "Načrtovanje elektronike za EMC 2025".

Delavnica je odprtega tipa in na njej lahko sodelujejo vsi. Tekmovalci, ki so upravičeni do nagrad, so lahko le redno vpisani študentje ali absolventi Fakultete za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani z veljavnim statusom študenta do 1. 9. 2025.

Na tekmovanje se lahko prijavijo **posamezniki** ali ekipe z največ **dvema članoma**, ki pa morajo oddati po **en končni izdelek**. Zahteve naloge so, da tekmovalec oziroma ekipa samostojno prevzame celotno nalogo in jo izvede.

Posebni poudarki naloge so na:

- Izbiri ustreznih elektronskih gradnikov in izračunu njihovih vrednosti.
- Analizi vezja in dopolnitvi osnovne sheme z vsemi potrebnimi gradniki.
- Načrtovanju tiskanega vezja na osnovi danih zahtev.
- Zagotavljanje imunosti vezja na vsiljene tokove (BCI test) in elektromagnetno sevanje (RI).
- Zniževanju emisij vezja po sevalnih (RE) in prevodnih (CE) poteh.
- Modeliranju toplotnih razmer in načrtovanju ustreznega hlajenja komponent
- Načrtovanju zahtevanih zaščit v vezju
- Naročilu materiala in izdelavi tiskanega vezja.
- Preizkušanju vezja, odpravi napak in izvedbi izboljšav.

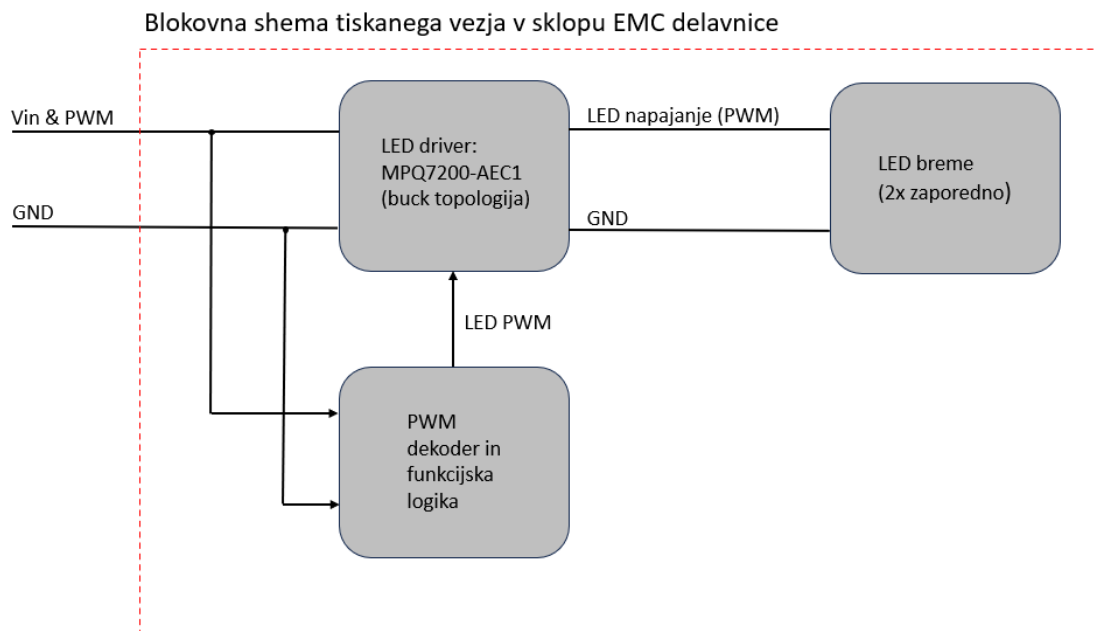
Potrebna oprema bo na voljo na FE ali v Forvia Hella Saturnus Slovenija d.o.o. po dogovoru.

Časovni okvir poteka delavnice je februar–junij 2025, kjer so predvideni naslednji časovni mejniki:

Termin	Dogodek	Lokacija
<b>ponedeljek 24.2</b>	Predstavitve delavnice	FE
<b>ponedeljek 10.3.</b>	Konzultacije o zasnovi vezja	MS Teams
<b>ponedeljek 24.3.</b>	Konzultacije o načrtu tiskanega vezja	MS Teams
<b>ponedeljek 7.4.</b>	Naročilo vezij in materiala	FE
<b>ponedeljek 5.5</b>	Preliminarno testiranje izdelkov	Forvia Hella Saturnus
<b>ponedeljek 26.5.</b>	Oddaja izdelkov	FE
<b>ponedeljek 16.6</b>	Razglasitev rezultatov	FE

## 2 Opis naloge:

Cilj je razviti, izdelati in preizkusiti vezje, ki bo namenjeno krmiljenju avtomobilske LED svetilke glede na napajalno napetost, ki je pulzno-širinsko modulirana (PWM).



**Slika 1: Načelna blokovna shema vezja**

Podana so naslednja izhodišča:

- Načrtovalske zahteve.
- Predlagan nabor gradnikov (DC/DC integrirano vezje, vhodni in izhodni priključki).
- Podatki o bremenu (podatkovni list LED)
- Podatkovni listi vseh ključnih gradnikov.

Vaša naloga je:

- Narisati shemo vezja glede na načrtovalske zahteve.
- Določiti tipe in vrednosti komponent
- Načrtati tiskano vezje z upoštevanjem danih načrtovalskih zahtev
- Tiskano vezje izdelati, sestaviti in preizkusiti njegovo delovanje.

### 3 Načrtovalske zahteve

#### 3.1 Funkcionalne zahteve:

Z uporabo MPQ7200A-AEC1 je treba izdelati DC/DC pretvornik za napajanje dveh zaporedno vezanih belih LED z izhodnim tokom 300 mA, ki mora delovati v navedenih temperaturnih in napetostnih pogojih, opisanih v poglavju 3.2. Poleg DC/DC pretvornika je treba načrtati tudi analogni vmesnik, ki vsebuje funkcijsko logiko, ki bo glede na napajalno napetost modulirano s PWM samostojno preklapljala med spodnjimi načini delovanja:

1. 0 % do 45 %: LED ne sveti (LED PWM = 0 %)
2. 60 % do 80 %: LED PWM = 10 %  $\pm$  3 % (7 % do 13 %)
3. 95 % do 100 %: LED PWM = 100 %


Pretvornik mora imeti zaščito proti napačni priključitvi napajalnih sponk.

#### 3.2 Električne zahteve:

V spodnji tabeli so zbrane vse električne zahteve vezja.

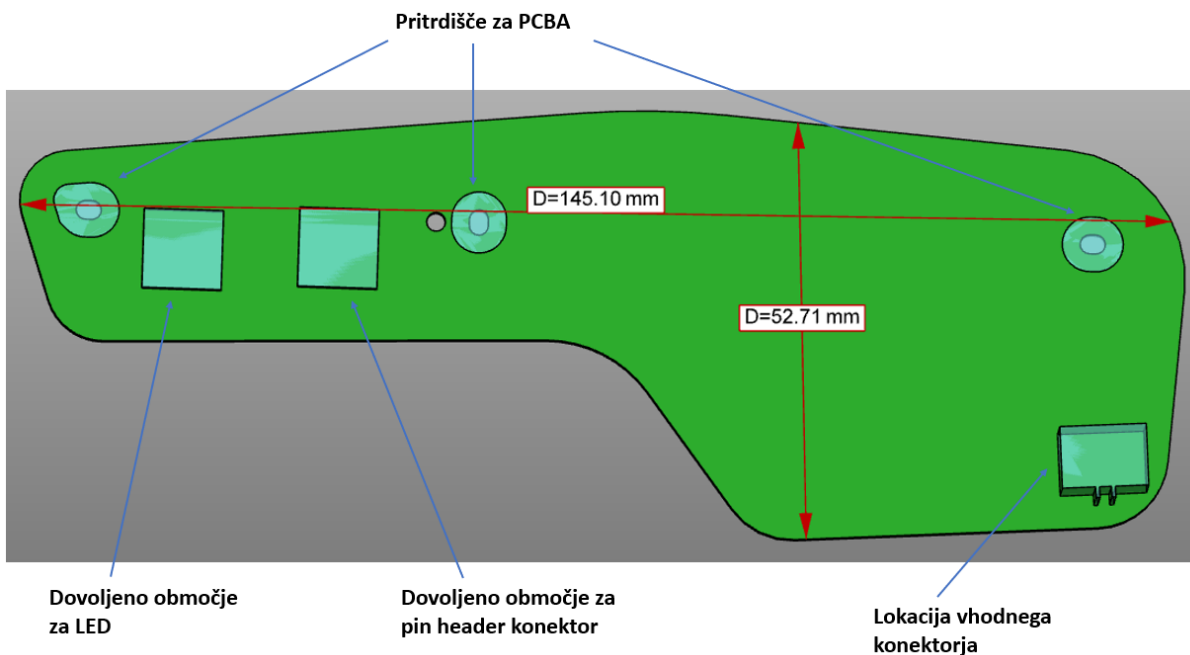
**Tabela 1: Seznam električnih zahtev**

Lastnost	Vrednost	Opomba
Območje napajalne napetosti	8 V do 16 V	V tem področju mora pretvornik zagotavljati nazivni izhodni tok in ustrezno PWM krmiljenje LED.
Temperaturno območje delovanja tiskanine	-20 °C do +60 °C	V tem področju mora pretvornik zagotavljati nazivni izhodni tok in ustrezno PWM krmiljenje LED. Pri obeh temperaturah počakamo minimalno 10 min, da se temperatura elementov ustali.
Območje frekvence PWM napajalne napetosti	200 Hz $\pm$ 10 %	V tem področju mora pretvornik zagotavljati nazivni izhodni tok in ustrezno PWM krmiljenje LED.
Nazivna izhodna napetost LED	Iz podatkovnega lista	Upoštevaj, da bosta na izhodu zaporedno povezani dve LED in upoštevaj tudi vpliv temperature.
Nazivni tok LED	300 mA $\pm$ 5 %	Tok mora biti znotraj toleranc v celotnem temperaturnem in napetostnem območju.
Temperaturna preobremenitev	Nikjer na vezju oz. površini komponent temperatura ne sme preseči +90 °C.	Lega vezja je vodoravna, položena na leseno mizo s hladilnim telesom navzdol. Meritev se izvede pri sobni temperaturi 25 °C po 30 minutah delovanja vezja pri 100 % PWM.
Zaščita obrnjene polaritete	Mora delovati med 0 V in -20 V	Zaščita proti napačni priključitvi napajalnih sponk.
Izkoristek vezja	Vsaj 85 %	Izkoristek celotnega vezja od vhodnih sponk do priključka diod mora biti nad 85 %.

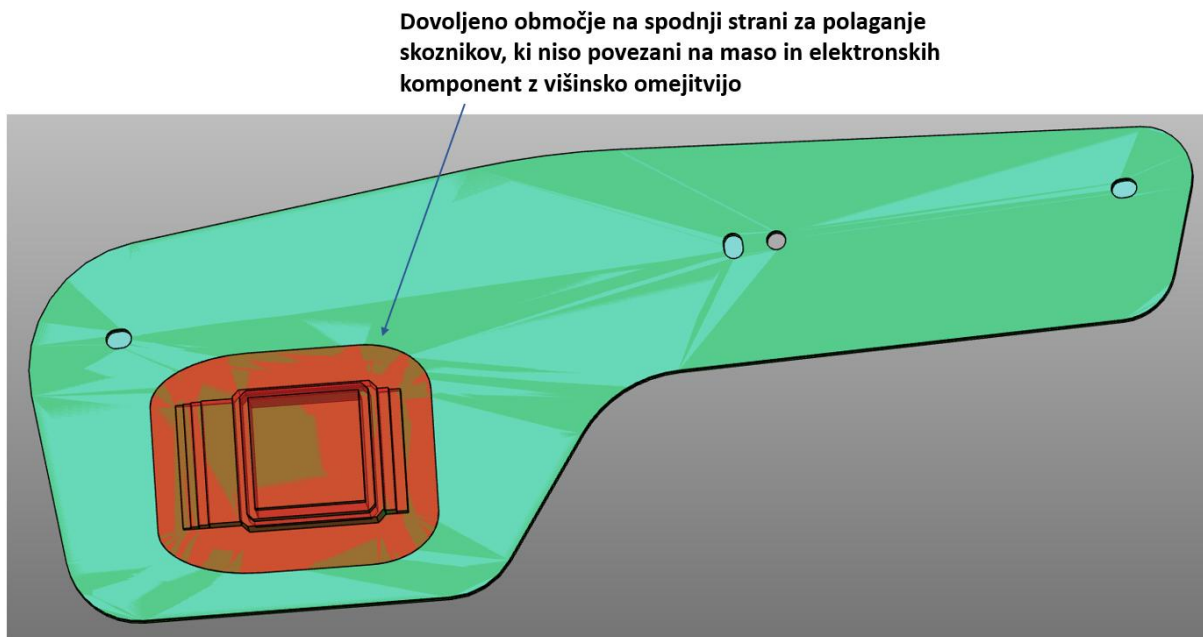
 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 6 of 20

### 3.3 Mehanske zahteve:

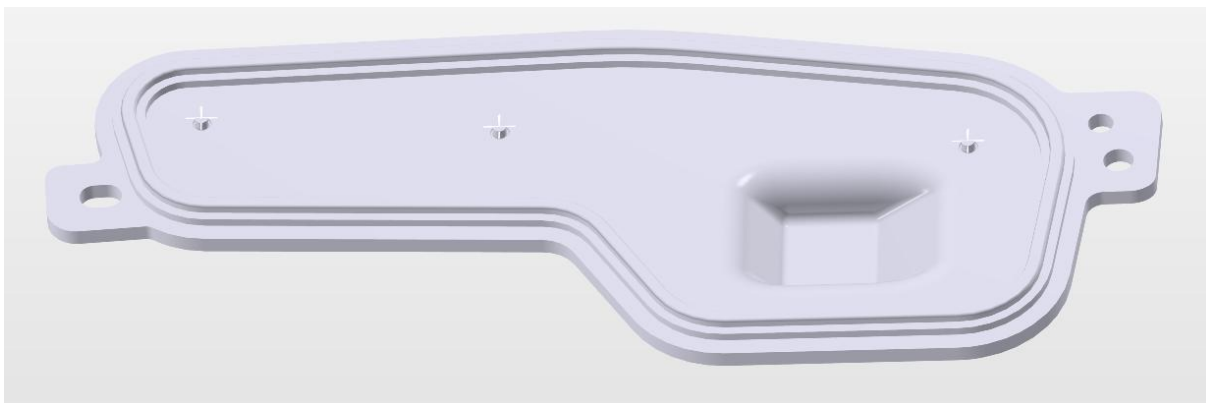
- **Tiskano vezje:** dvoslojno vezje FR4 z vnaprej definirano obliko v Altium projektu, debelina dielektrika 1,6 mm, debelina bakra 35  $\mu$ m, površinska zaščita HASL, spajkalna kritina, skozniki tip 1 (odprti) po IPC standardu.
    - Dimenzije, položaji montažnih lukenj, vhodnega priključka in LED ter minimalni odmiki za komponente in baker so določene na sliki 2.
    - Oblika tiskanega vezja in hladilnega telesa sta določeni v priloženem 3D .step modelu in altium designer predlogi
    - Ni dovoljeno premikati komponent, izvrtin in drugih objektov, vključno s keepout površinami, ki so že postavljene na načrtu tiskanega vezja in so zaklenjene. Tiskano vezje je namenjeno vgradnji na določeno hladilno telo tako, da se ga privijači skozi določene pritrdilne izvrtine.
    - Povsod, kjer se tiskanina spodaj dotika hladilnega telesa, niso dovoljeni skozniki in signalne povezave, razen za povezavo GND
    - Na pozicijah izvrtin za pritrdilne vijake mora biti zagotovljena tudi galvanska povezava med glavo vijaka in električno maso vezja (GND)
  
  - **Proizvedljivost:**
    - Vse komponente morajo biti v SMD tehnologiji.
    - Dodatni EMC zaščitni kovinski oklopi niso dovoljeni.
    - Postavitev komponent je lahko obojestranska z upoštevanjem mehanskih omejitev
      - na spodnji strani naj bo minimalni odmik komponente od hladilnika 0,5 mm
      - na zgornji strani naj bodo vse komponente nižje od konektorja J1, katerega višina je 9.3 mm.
    - Pri proizvodnji bo uporabljeno pretaljevalno spajkanje (reflow).
  
  - **Zahteve komponent:**
    - Vhodni konektor 2-pinski Molex konektor: MPN: [5600200220](#) z naslednjim razporedom signalov: (1-Vin, 2-GND)
    - LED: Nichia, MPN: [NFSW123GT](#)
    - DC-DC driver [MPO7200A-AEC1](#)
    - Na vezju je treba zaporedno z LED dodati dvojno SMD letvico (pin header) za merjenje izhodnega toka med testiranjem izdelka [61000421121](#)
    - Vse komponente morajo biti certificirane za temperaturno območje od -40 °C do +125 °C
    - Elektrolitski in tantalovi kondenzatorji niso dovoljeni.
-



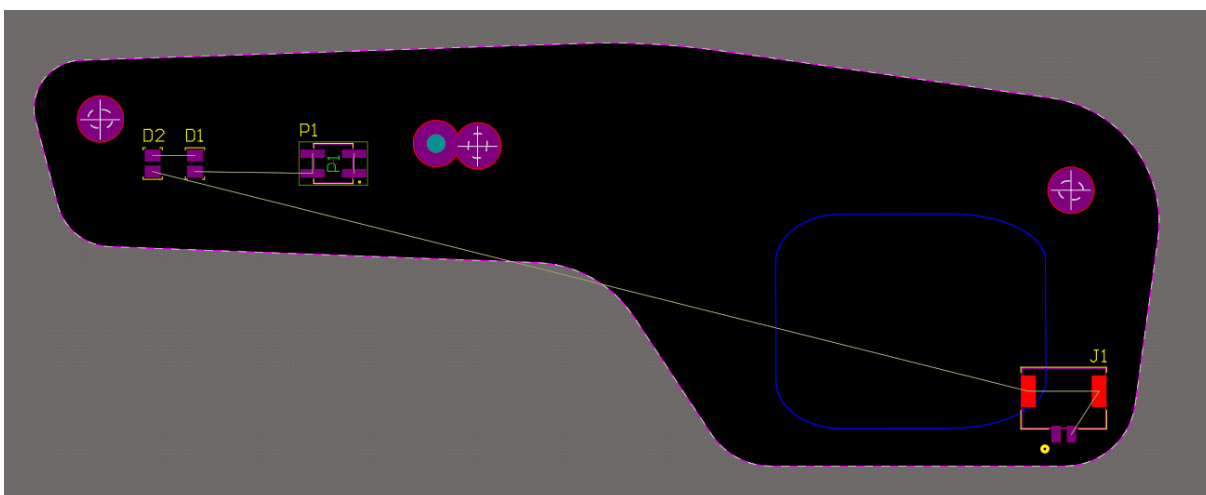
**Slika 2: Oblika tiskanine z merami in definiranimi območji, pogled z zgornje strani**



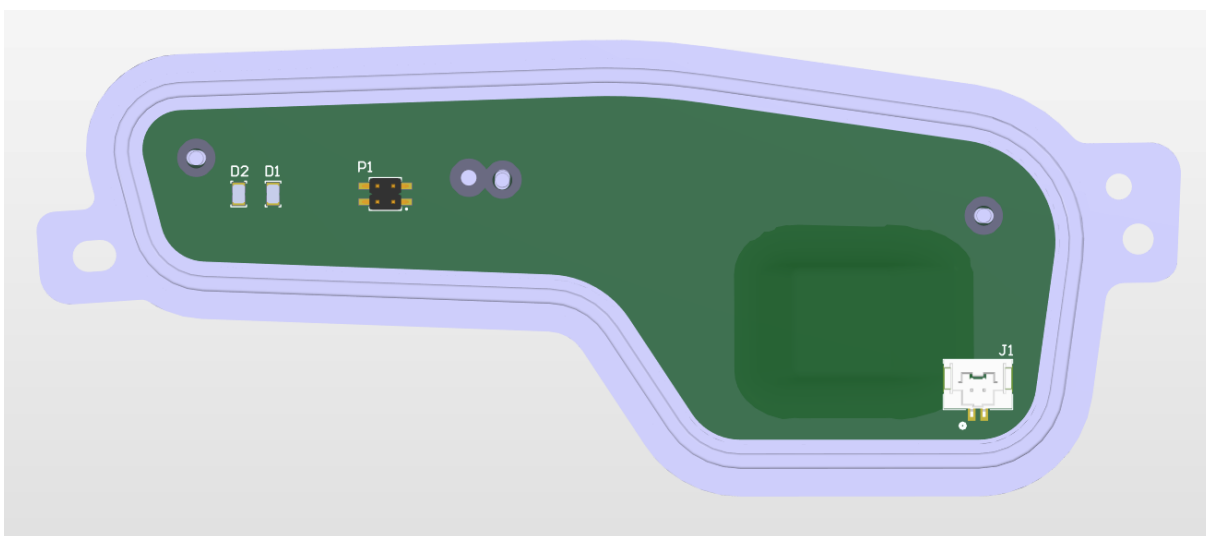
**Slika 3: Oblika tiskanine z merami in definiranimi območji, pogled s spodnje strani**



Slika 4: 3D model ohišja z montažnimi pini in poglobitvijo.




Slika 4: Predloga oblike tiskanega vezja s fiksno postavljenimi komponentami v Altium designerju. Z modrim je označeno območje, znotraj katerega lahko postavite skožnike (via) na kateremkoli potencialu. Zunaj tega območja so skožniki lahko povezani zgolj na maso (GND).



Slika 4: 3D pogled predloge tiskanega vezja v Altium designerju



 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 9 of 20

### 3.4 Določitev cene komponent

Glede na oddane projekte in pripadajočo dokumentacijo se bo ocenil izbor komponent glede na:

- Ceno komponent pri predpostavki 10.000 izdelanih kosov
- Strošek opremljanja vezja s fiksno ceno polaganja ene komponente 0,01 €/komponento

V izračun cene se upošteva zgolj cena dodanih komponent, brez cene hladilnega telesa, tiskanega vezja in vnaprej definiranih komponent (konektor, LED, DC-DC driver čip). Pri določanju cene komponente upoštevajte najnižjo ceno na octopart na dan oddaje projekta pod pogojem, da so pri tistem ponudniku komponente dobavljive pod običajnimi pogoji. Ceno lahko določite tudi na podlagi danega predračuna oz. uradne informacije od proizvajalca, če ta omogoča direktno prodajo končnim strankam. Ceno komponente lahko da tudi sponzor tekmovanja, če je komponenta njegova.

Za SMD upore s toleranco 1 % in multilayer keramične kondenzatorje do vrednosti 100 nF in velikosti 0402 ali 0603 privzemite nabavno ceno 0,005 € na komponento. Torej strošek s polaganjem vred 0,015 € na komponento. Za vse ostale elemente, tudi kondenzatorje, če so v večjih ohišjih in/ali višjo kapacitivnostjo od 100 nF, upoštevajte dejansko ceno.

### 3.5 EMC zahteve

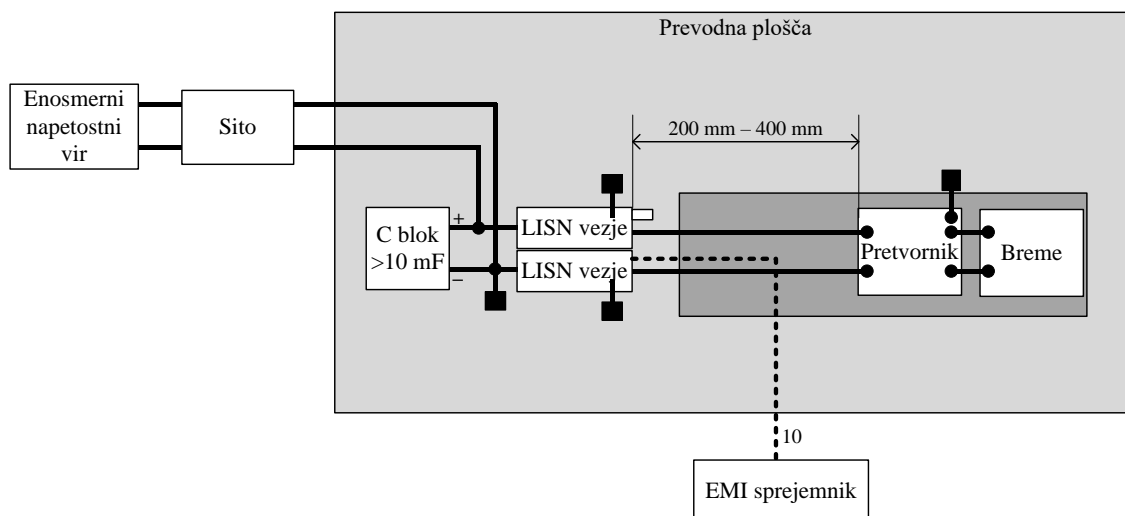
Vezje mora zagotavljati:

- Skladnost s predpisom EN55025:2017 s stališča sevalnih (RE) in prevodnih (CE) emisij.
- Imunost na vsiljene tokove (BCI test) skladno s predpisom ISO 11452-4.
- Imunost na elektromagnetno sevanje (RI) skladno s predpisom ISO 11452-2.

Vse EMC meritve emisij in imunosti se izvajajo pri 70 % PWM signalu na vhodu, kjer vezje generira 10 % PWM za krmiljenje LED na izhodu.

#### 3.5.1 Prevodne emisije

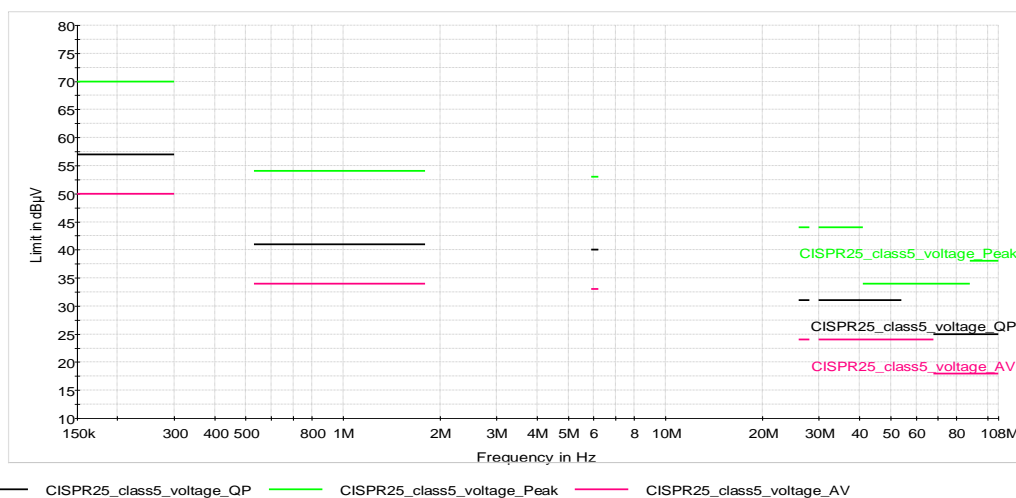
Vezje mora zadostiti zahtevam po nizkih prevodnih emisijah skladno s predpisom EN 55025:2017. Slika prikazuje pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje prevodnih emisij v frekvenčnem področju 150 kHz–108 MHz:



Slika 5: Pogled z vrha na merilno postavitve za merjenje prevodnih emisij

Tabela 2: Mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za prevodne emisije

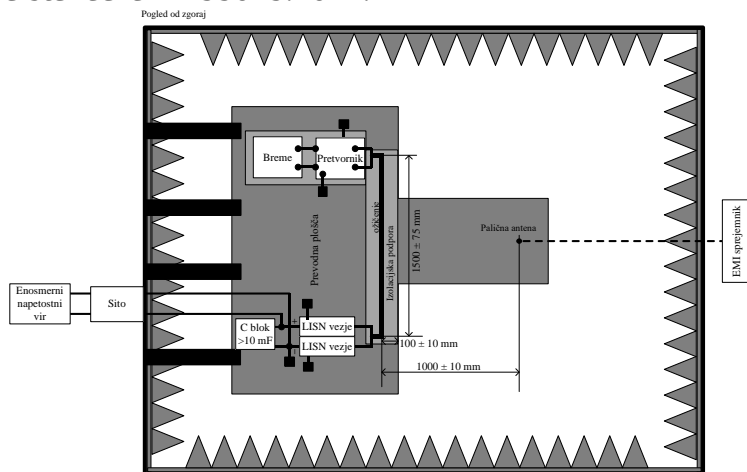
Frekvenčno področje [MHz]	Nivo [dBuV]														
	Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1		
	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV
0,15 – 0,3	70	57	50	80	67	60	90	77	70	100	87	80	110	97	90
0,53 – 1,8	54	41	34	62	49	42	70	57	50	78	65	58	86	73	66
5,9 – 6,2	53	40	33	59	46	39	65	52	45	71	58	51	77	64	57
76 – 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
41 – 88	34	-	24	40	-	30	46	-	36	52	-	42	58	-	48
26 – 28	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
30 – 54	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
68 – 87	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42



Slika 6: Graf mejnih vrednosti za razred zahtevnosti 5 za prevodne emisije

### 3.5.2 Sevalne emisije do 30 MHz

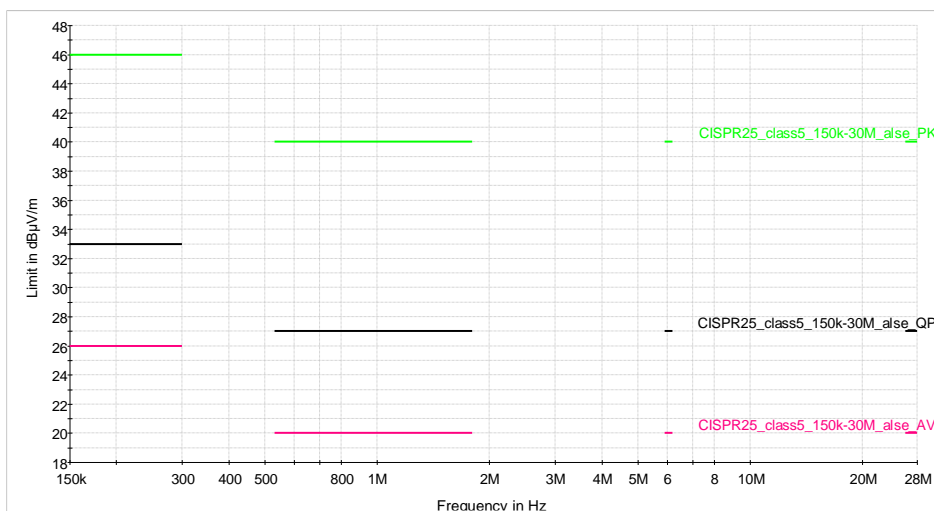
Veze mora zadostiti zahtevam po nizkih sevalnih emisijah skladno s predpisom EN 55025:2017. Spodnje slike prikazujejo merilne postavitve in v tabelah so zbrane mejne vrednosti glede na standard EN 55025:2017.



**Slika 7: Pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 150 kHz–30 MHz**

**Tabela 3: Mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz–30 MHz**

Frekvenčno področje [MHz]	Nivo [dBuV/m]														
	Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1		
	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV
0,15 – 0,3	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	86	73	66
0,53 – 1,8	40	27	20	48	35	28	56	43	36	64	51	44	72	59	52
5,9 – 6,2	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44
26 – 28	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44

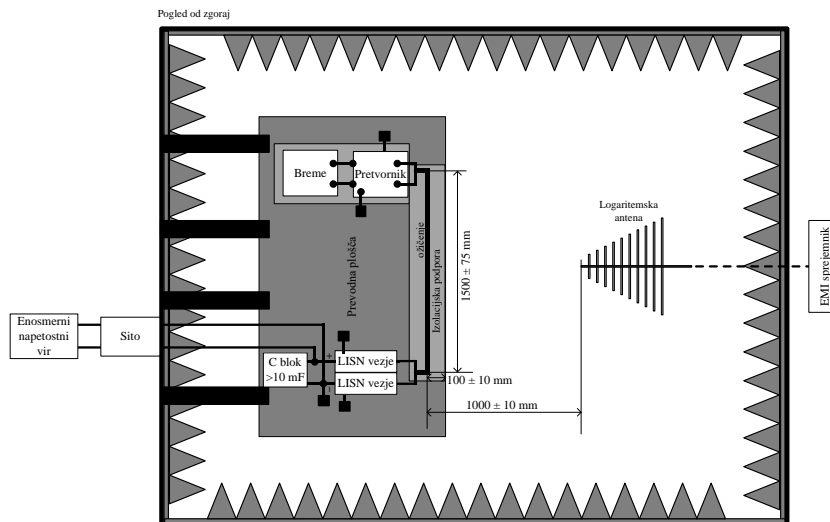


— CISPR25\_class5\_150k-30M\_alse\_QP — CISPR25\_class5\_150k-30M\_alse\_PK — CISPR25\_class5\_150k-30M\_alse\_AV

**Slika 8: Graf mejnih vrednosti za razred zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 150 kHz – 30 MHz**

### 3.5.3 Sevalne emisije od 30 MHz do 1 GHz

Vezje mora zadostiti zahtevam po nizkih sevalnih emisijah skladno s predpisom EN 55025:2017.

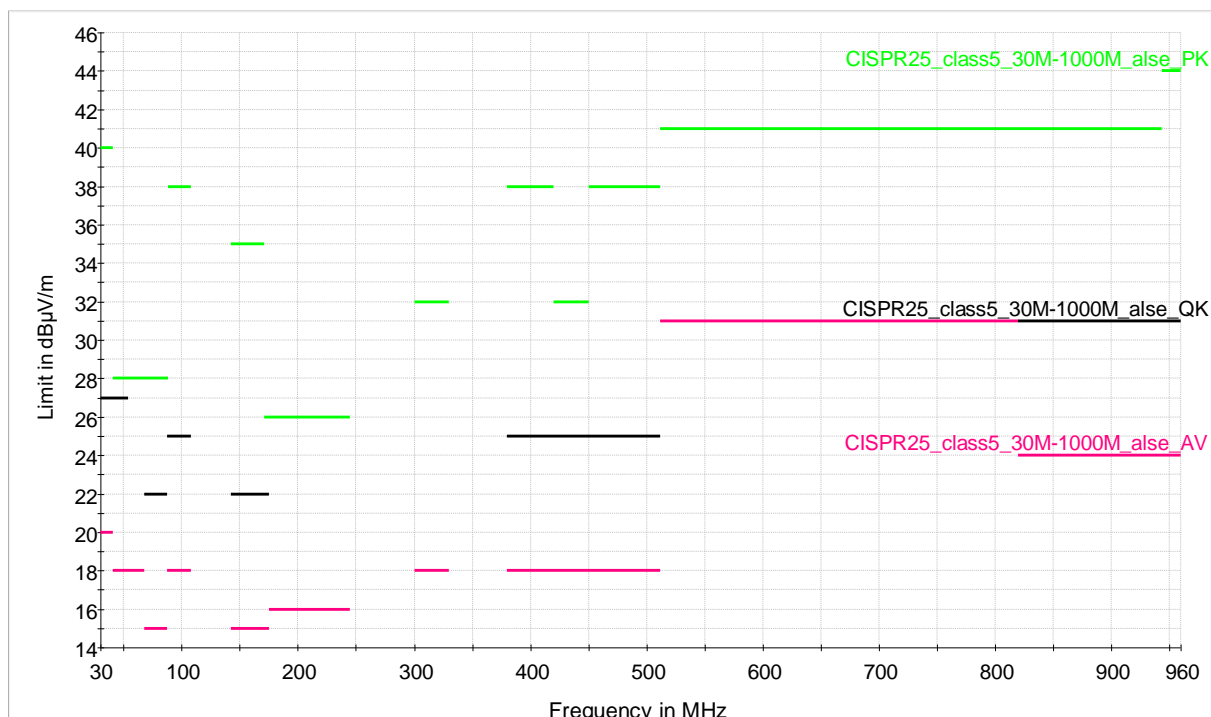


Slika 9: Pogled z vrha na merilno postavitev za merjenje sevalnih emisij v frekvenčnem področju 30 MHz–1000 MHz

Tabela 4: Mejne vrednosti glede na razrede (class) zahtevnosti za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz–1000 MHz

Frekvenčno področje [MHz]	Nivo [dBuV/m]														
	Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class 1		
	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV	PK	QP	AV
76 – 108	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
41 – 88	28	-	18	34	-	24	40	-	30	46	-	36	52	-	42
174 – 230	32	-	22	38	-	28	44	-	34	50	-	40	56	-	46
171 – 245	26	-	16	32	-	22	38	-	28	44	-	34	50	-	40
468 – 944	41	-	31	47	-	37	53	-	43	59	-	49	65	-	55
470 – 770	45	-	35	51	-	41	57	-	47	63	-	53	69	-	59
30 – 54	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	64	51	44
68 – 87	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39
142 – 175	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	59	46	39
380 – 512	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42
300 – 330	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	56	-	42
420 – 450	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	56	-	42
820 – 960	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48
860 – 895	44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48
925 – 960	44	-	24	50	-	30	56	-	36	62	-	42	68	-	48

Slika 10 prikazuje graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz–1000 MHz.



— CISPR25\_class5\_30M-1000M\_alse\_QK    — CISPR25\_class5\_30M-1000M\_alse\_PK  
 — CISPR25\_class5\_30M-1000M\_alse\_AV

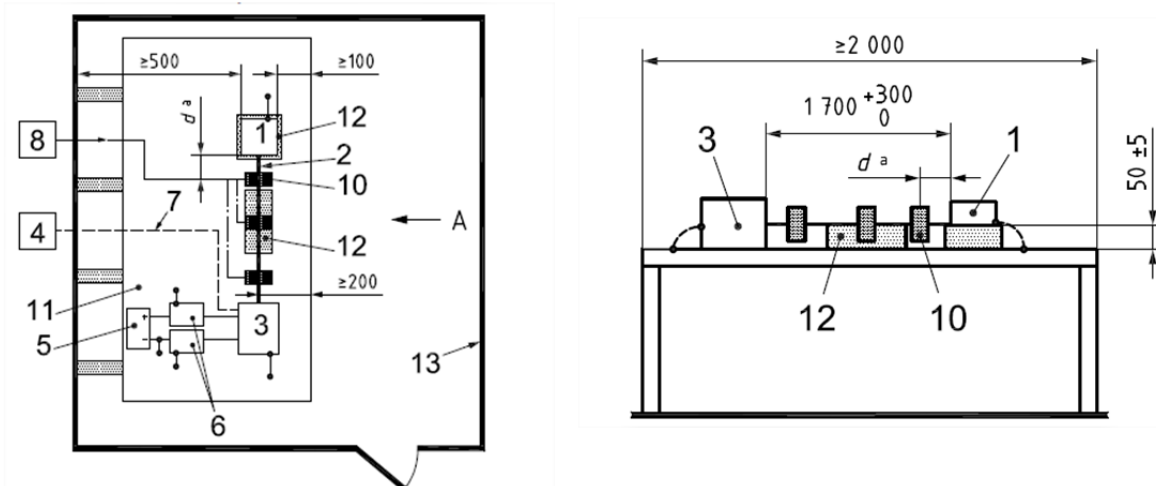
**Slika 10: Graf mejnih vrednosti za razred (class) zahtevnosti 5 za sevalne emisije v frekvenčnem področju 30 MHz–1000 MHz**

### 3.5.4 Imunost na vsiljene tokove (BCI) emisije - metoda substitucije

Vezje mora zadostiti zahtevam po imunosti na vsiljene tokove v priključni napajalni kabel skladno s predpisom ISO 11452-4.

Injekcijsko sondo se postavi na  $(150 \pm 50)$  mm od priključka DUT. Če se med preskusom uporablja merilna sonda, jo namestite na  $(50 \pm 10)$  mm od konektorja DUT.

Primer preizkusne konfiguracije je prikazan na spodnjih slikah.

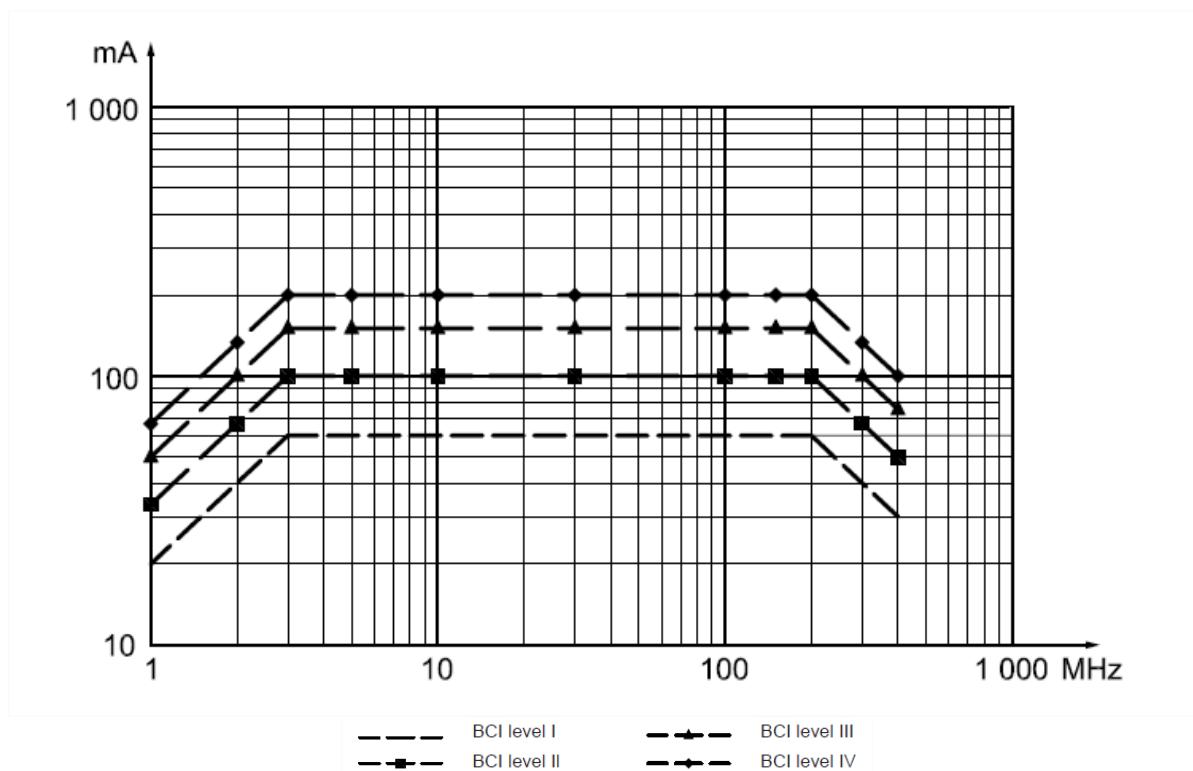


**Slika 11: Merilna postavitve (pogled z vrha in s strani)**


1. DUT (povezan z ozemljitvijo, če je določeno v preskusnem načrtu)
2. Kabelski snop
3. Simulator obremenitve (namestitvev in ozemljitev po 7.5)
4. Stimulacijski in nadzorni sistem
5. Napajalnik
6. LISN
7. Optična vlakna
8. Visokofrekvenčni generator in ojačevalec signala
9. Tokovna merilna sonda (Opcijsko)
10. Injekcijska sonda (predstavljena pod točko 3)
11. Ozemljitvena ravnina (povezana z zaščiteno sobo)
12. Dielektrična podloga ( $\epsilon_r \leq 1,4$ )
13. Zaščitena soba

**Tabela 5: Primer testnih pogojev za BCI test**

Frekvenčni pas / MHz	Testni nivo II / mA	Testni nivo IV / mA
1 to 3	$100 \times F(\text{MHz}) / 3$	$200 \times F(\text{MHz}) / 3$
3 to 200	100	200
200 to 400	$100 \times 200 / F(\text{MHz})$	$200 \times 200 / F(\text{MHz})$



**Slika 12: Posamezni testni nivoji v frekvenčnem prostoru**

 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 15 of 20

Meritve bodo izvedene po sledečem načinu:

- Dva nivoja, 60 mA in 100 mA
- Frekvenčno območje od 1 MHz do 400 MHz
- Continuous wave mode (brez dodatnih moduliranih signalov na vsiljenem signalu)
- Razdalja 150 mm med injekcijsko sondo in DUT
- Meri se svetilnost LED
- Za posamezni nivo vsiljenih tokov, mora vezje med vsiljeno motnjo ohraniti svetilnost led glede na sledeče kriterije
  - Kriterij A: Izhodna svetilnost se ne spremeni več kot 10 %
  - Kriterij B: Izhodna svetilnost se ne spremeni več kot 30 %
  - Kriterij C: Izhodna svetilnost se spremeni več kot 30 % in funkcija se povrne nazaj šele ob izklopu in ponovnem vklopu napajanja
  - Kriterij D: Vezje permanentno odpove

### 3.5.5 Imunost na elektromagnetno sevanje (RI)

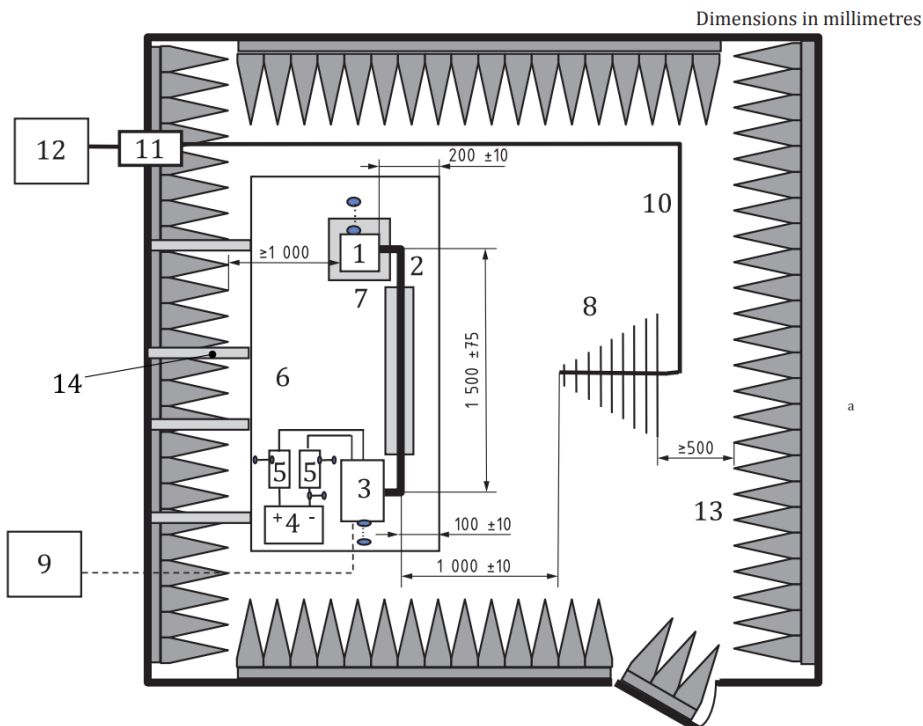
Vezje mora zadostiti zahtevam po imunosti na elektromagnetno sevanje skladno s predpisom ISO 11452-2.

Anteno se postavi 1 m od DUT, ali pa 1 m od napajalnih kablov, odvisno od testa Primer preizkusne konfiguracije je prikazan na spodnjih slikah. Test se bo izvedel v X orientaciji (LED bodo obrnjene proti anteni) po sledečem postopku:

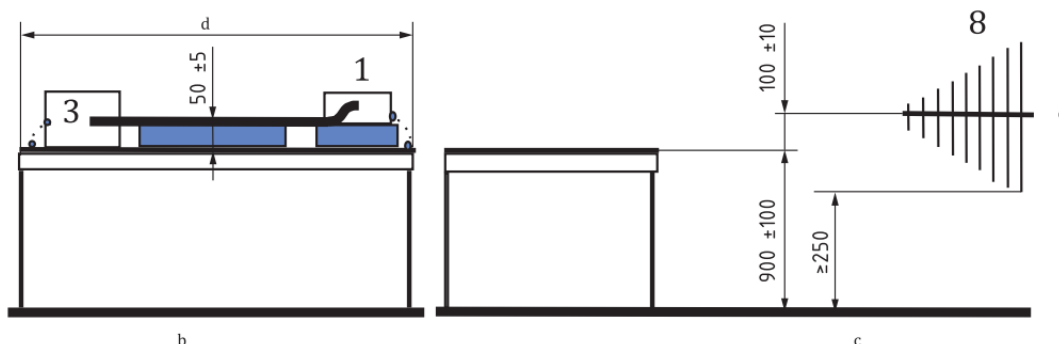
- Dva nivoja, 60 V/m in 100 V/m
- Frekvenčno območje od 400 MHz do 1,2 GHz
- Orientacija X (funkcija sveti proti anteni)
- Horizontalna in vertikalna polarizacija Log-periodic antene
- Continuous wave mode (brez dodatnih moduliranih signalov na vsiljevanem signalu)
- Antena je usmerjena v DUT
- Meri se svetilnost LED

Za posamezni nivo vsiljenih tokov, mora vezje med vsiljeno motnjo ohraniti svetilnost led glede na sledeče kriterije

- Kriterij A: Izhodna svetilnost se ne spremeni več kot 10 %
  - Kriterij B: Izhodna svetilnost se ne spremeni več kot 30 %
  - Kriterij C: Izhodna svetilnost se spremeni več kot 30 % in funkcija se povrne nazaj ob ponovnem zagonu
  - Kriterij D: Vezje odpove
-




**Slika 13: Merilna postavitve (pogled z vrha)**



**Slika 14: Merilna postavitve (pogled s strani)**

- 1) DUT (povezan z ozemljitvijo, če je določeno v preskusnem načrtu)
- 2) Kabelski snop
- 3) Simulator obremenitve (namestitvev in ozemljitev po 7.5)
- 4) Napajalnik
- 5) LISN
- 6) Ozemljitvena ravnina
- 7) Podpora, z nizko permeabilnostjo
- 8) Log-periodična antena
- 9) Stimulacijski in nadzorni sistem
- 10) Dvojno oklopljen koaksialni kabel (50 Ω)
- 11) Pregradni priključek
- 12) Generator in ojačevalnik RF signala
- 13) RF absorpcijski material



 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 17 of 20

14) Ozemljitveni trakovi

## 4 Ocenjevanje:

Ocenjevali bomo vezja, ki bodo oddana do navedenega roka za oddajo. Poleg vezja je potrebno oddati popolno dokumentacijo in sicer: shemo in načrt tiskanega vezja z oznakami elementov (datoteke Altium ali PDF) in seznam elementov (BOM) po dani predlogi, ki za vsak element vsebuje oznako, naziv in kodo proizvajalca ter dobavitelja in ceno komponent.


Osnovni kriterij sprejemljivosti vezja je ustrežanje vsem funkcionalnim, mehanskim in električnim kriterijem pri nazivnih pogojih delovanja:

- Napajalna napetost 13,5 V
- temperatura 25 °C.
- Izhodni tok LED 300 mA  $\pm$  5 %
- pri 70 % PWM na vhodu vezje generira 10 % PWM na LED
- pri 100 % PWM na vhodu vezje generira 100 % PWM na LED

Če vezje zadostuje vsem navedenim osnovnim kriterijem, se ga nadalje ocenjuje po naslednjih kriterijih.

### 4.1 Doseganje danih načrtovalskih zahtev:

Test	Komentar	Točkovanje
Test pri različnih PWM napajalne napetosti (25 %, 45 %, 60 %, 80 %, 95 % in 100 %).	Pri nazivni napetosti 13,5 V, temperaturi 25 °C in brez vsiljenih motenj.	5 točk za ustrezno delovanje (izhodni tok in PWM) pri posamezni vrednosti PWM napajalne napetosti.
Test pri napajalni napetosti 8 V in 16 V	Pri sobni temperaturi 25 °C s 45 %, 70 % in 95 % PWM, brez vsiljenih motenj	5 točk za ustrezno delovanje (izhodni tok in PWM) pri posamezni vrednosti PWM napajalne napetosti.
Test pri temperaturah -20 °C in +60 °C	Pri nazivni napetosti 13,5 V, 45 %, 70 % in 95 % PWM, brez vsiljenih motenj	5 točk za ustrezno delovanje (izhodni tok in PWM) pri posamezni vrednosti PWM napajalne napetosti.
Test temperature vezja pri +25 °C	Pri temperaturi okolice +25 °C, napajalni napetosti 16 V in 100 % PWM, brez vsiljenih motenj po preteku 30 min od vklopa vezja.	10 točk, če nobena točka na vezju ali komponenti ne preseže 90 °C. V primeru presežene temperature se za vsako °C presežka odšteje ena točka.
Zaščita proti obratni polariteti	Pri napajalni napetosti -20 V za 1 minuto	10 točk, če pri obratni polariteti tok ne preseže 10 mA in po testu vezje deluje brez zaznavnih sprememb
Izkoristek vezja	Pri nazivni napetosti 13,5 V, temperaturi okolice 25 °C in brez vsiljenih motenj.	Za vsako odstotno točko izkoristka nad 85 % se doda 2 točki.

 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 18 of 20

## 4.2 Doseganje elektromagnetne združljivosti - emisije

### 4.2.1 Prevodne emisije

pod razred 1 limitami →  $T_{CEclass1} = 0$  točk  
pod razred 2 limitami →  $T_{CEclass2} = 5$  točk  
pod razred 3 limitami →  $T_{CEclass3} = 10$  točk  
pod razred 4 limitami →  $T_{CEclass4} = 20$  točk  
pod razred 5 limitami →  $T_{CEclass5} = 40$  točk

$$T_{CE} = T_{CEclassx} + DT_{CE}$$

Pri čemer je:

$T_{CE}$  skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah,

$T_{CEclassx}$  število točk za doseg skladnosti z razredom prevodnih emisij,

$DT_{CE}$  dodatno število točk med razredi prevodnih emisij.

### 4.2.2 Sevalne emisije

pod class 1 limitami →  $T_{REclass1} = 0$  točk  
pod class 2 limitami →  $T_{REclass2} = 5$  točk  
pod class 3 limitami →  $T_{REclass3} = 10$  točk  
pod class 4 limitami →  $T_{REclass4} = 20$  točk  
pod class 5 limitami →  $T_{REclass5} = 40$  točk

$$T_{RE} = T_{REclassx} + DT_{RE}$$

Pri čemer je:

$T_{RE}$  skupno število doseženih točk za skladnost z zahtevami po sevalnih emisijah,

$T_{REclassx}$  število točk za doseg skladnosti z razredom sevalnih emisij,

$DT_{RE}$  dodatno število točk med razredi sevalnih emisij.

Med razredoma se število točk enakomerno porazdeli linearno z razmerjem med enim in drugim razredom in razliko med višjo mejo in nivojem emisije pri najbolj kritični frekvenci.

### 4.2.3 Izračun dodatnih točk:

$$DT_{xx} = \frac{T_{xxclass(D+1)} - T_{xxclass(D)}}{(L_{class(D)} - L_{class(D+1)})@f_{kritična}} \cdot (L_{class(D)} - L_{izm})@f_{kritična}$$

Pri čemer je:

$DT_{xx}$  dodatno število točk med razredi,

$T_{xxclass(D+1)}$  točke za en razred višji od doseženega,

$T_{xxclass(D)}$  točke za doseženi razred,

$L_{class(D)}@f_{kritična}$  meja doseženega razreda pri kritični frekvenci,

$L_{class(D+1)}@f_{kritična}$  meja za en razred višja od doseženega razreda pri kritični frekvenci,

$L_{izm}@f_{kritična}$  izmerjeni nivo pri kritični frekvenci.

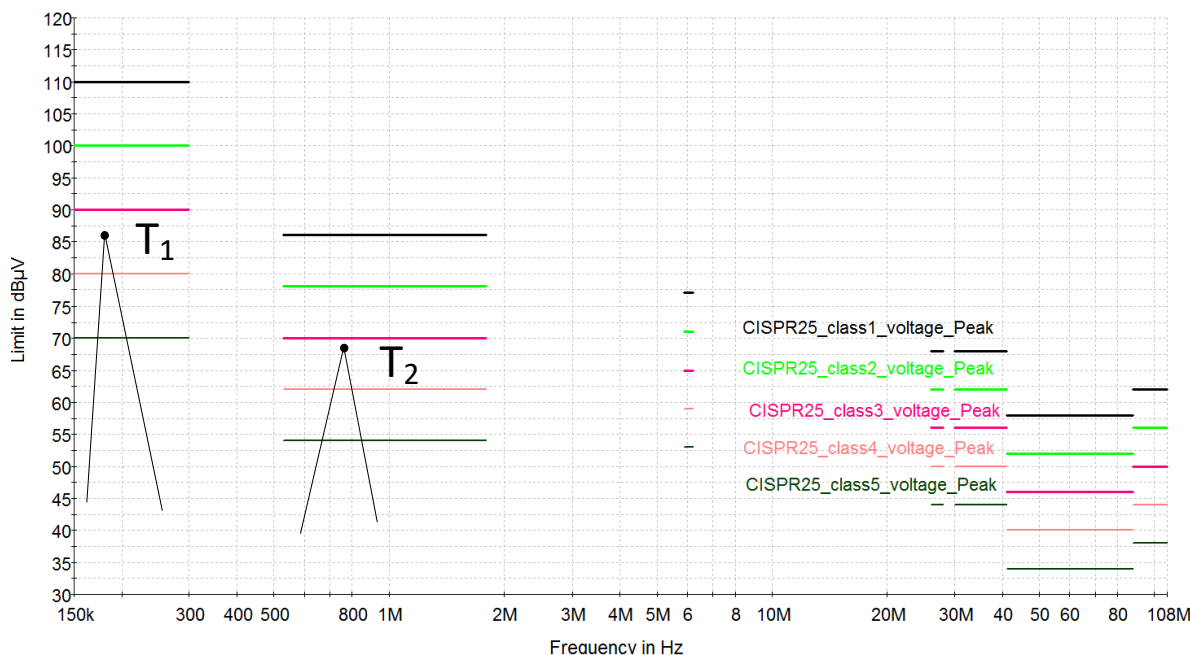
**Najbolj kritična motnja je pri tisti frekvenci (kritični frekvenci), kjer je nivo emisij najbližje nižjemu razredu mej.**

Primer točkovanja prevodnih emisij:

T1 (f=180 kHz, nivo 86 dB $\mu$ V, 4 dB $\mu$ V pod class 3 mejo)

T2 (f=780 kHz, nivo 69 dB $\mu$ V, 1 dB $\mu$ V pod class 3 mejo)

Najbolj kritična frekvenca je 780 kHz v točki T2.



**Slika 15: Primer grafa emisij**

Točkovanje:

Presega emisije razreda 4, dosega emisije razreda 3, torej 10 točk.

Dodatno še (razred 4 – razred 3) :

$$DT_{CE} = \frac{T_{CEclass4} - T_{CEclass3}}{(L_{class3} - L_{class4})@f_{kritična}} \cdot (L_{class3} - L_{izm})@f_{kritična}$$


$$DT_{CE} = \frac{20 \text{ točk} - 10 \text{ točk}}{(70 \text{ dB}\mu\text{V} - 62 \text{ dB}\mu\text{V})@780 \text{ kHz}} \cdot (70 \text{ dB}\mu\text{V} - 69 \text{ dB}\mu\text{V})@780 \text{ kHz}$$

$$DT_{CE} = 1,25 \text{ točke}$$

Skupaj število točk za skladnost z zahtevami po prevodnih emisijah:

$$T_{CE} = T_{CEclass3} + DT_{CE}$$

$$T_{CE} = 10 \text{ točk} + 1,25 \text{ točk} = 11,25 \text{ točk}$$

 Hella Saturnus Slovenija d.o.o.	EMC tekmovanje 2025	18. 02. 2025
		Ver.: 1.6
		page 20 of 20

## 4.3 Doseganje elektromagnetne združljivosti – imunost

### 4.3.1 Imunost na vsiljene tokove (BCI)

Za doseganje imunosti vezja na vsiljene tokove velja sledeči kriterij:

- Imunost vezja do 100 mA:  
 $T_{BCI} = 40$  točk (kriterij A),  $T_{BCI} = 20$  točk (kriterij B),  $T_{BCI} = 10$  točk (kriterij C)
- V primeru doseganja kriterija C, meritev imunosti ponovimo na nivoju 60 mA:  
 $T_{BCI} = 20$  točk (kriterij A),  $T_{BCI} = 10$  točk (kriterij B),  $T_{BCI} = 5$  točk (kriterij C)

Pri točkovanju se upošteva maksimalno število točk iz testa pri posameznem toku.

### 4.3.2 Imunost na sevalne motnje (RI)

Za doseganje imunosti vezja na vsiljene tokove velja sledeči kriterij:

- Imunost vezja do 100 V/m:  
 $T_{RI} = 40$  točk (kriterij A),  $T_{RI} = 20$  točk (kriterij B),  $T_{RI} = 10$  točk (kriterij C)
- V primeru doseganja kriterija C, meritev imunosti ponovimo na nivoju 60 V/m:  
 $T_{RI} = 20$  točk (kriterij A),  $T_{RI} = 10$  točk (kriterij B),  $T_{RI} = 5$  točk (kriterij C)

Pri točkovanju se upošteva maksimalno število točk iz testa pri posameznem toku.

## 4.4 Cena gradnikov

Za vsak 1 € v končni ceni izdelka se bo pri ocenjevanju odbilo 10 točk, torej:

$$T_{cena} = 10 \cdot \text{cena}/\text{€}$$

## 4.5 Skupno število točk:

Je vsota točk dobljenih iz izpolnitev zahtev projekta, točk iz izpolnitev zahtev po elektromagnetni združljivosti izdelka in odbitka točk zaradi cene.

$$T = T_{zah} + T_{izk} + T_{CE} + T_{RE} + T_{BCI} + T_{RI} - T_{cena}$$