

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Industrijsko inženjerstvo

Predmet: Reverzibilni inženjerski dizajn i 3D štampa

KOORDINATNE MERNE MAŠINE

Predavanje 3

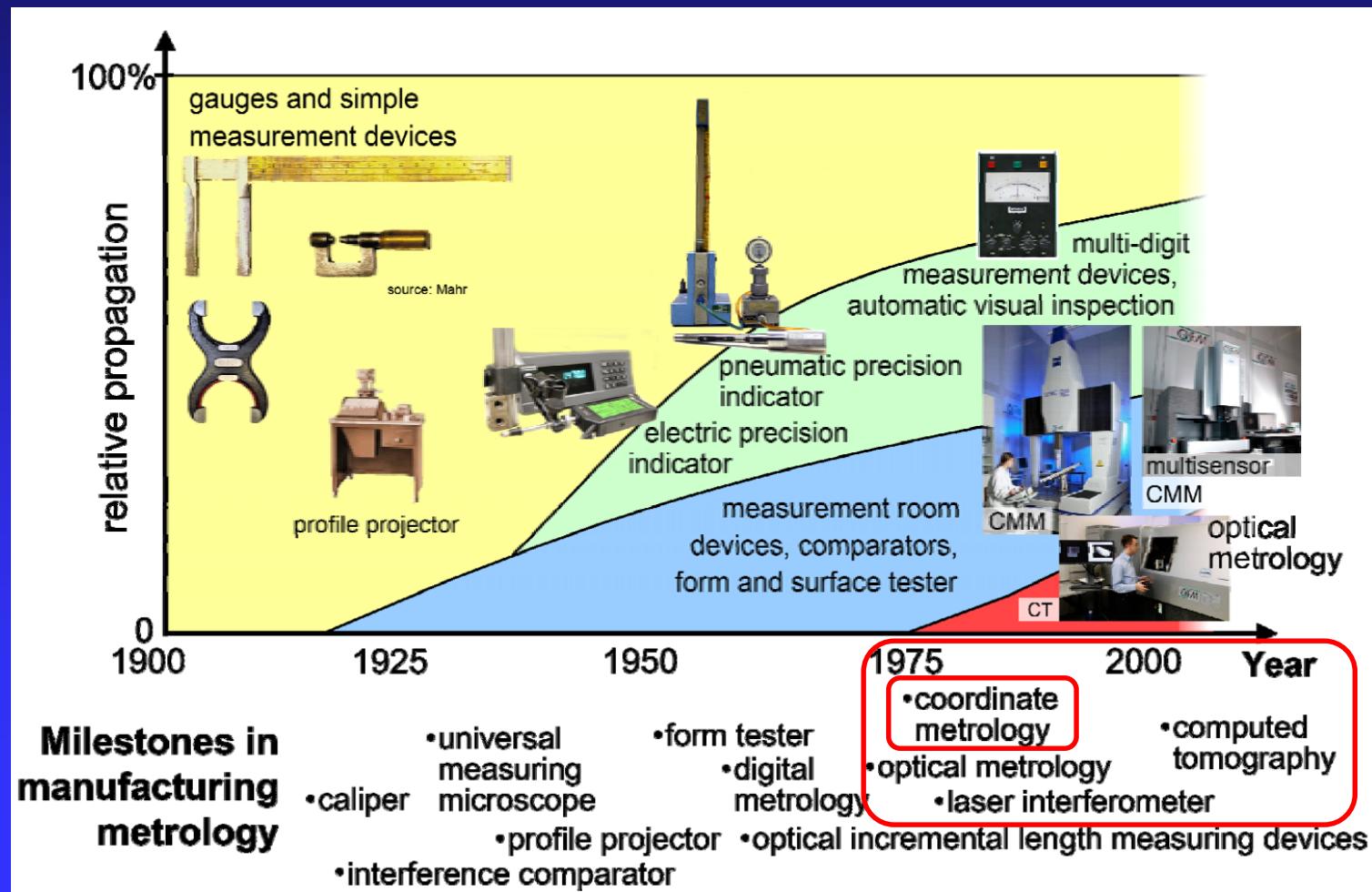
Prof. dr Igor Budak

Šta su KMM?

- ✓ KMM predstavljaju merne uređaje sposobne da odrede koordinate tačaka na radnoj (mernoj) površini, na bazi postepenog pomeranja mernog senzora.
- ✓ Savremene KMM su 3D merni uređaji namenjeni merenju geometrijskih karakteristika fizičkih objekata.
- ✓ Na KMM se mogu realizovati:
 - ✓ dimenziona merenja (rastojanja između geometrijskih entiteta);
 - ✓ merenja za potrebe određivanja geometrijskih odnosa (ravnost, uglovi između površina, upravnost, paralelnost, koncentričnost, koaksijalnost itd.);
 - ✓ 3D digitalizacija (skeniranje).

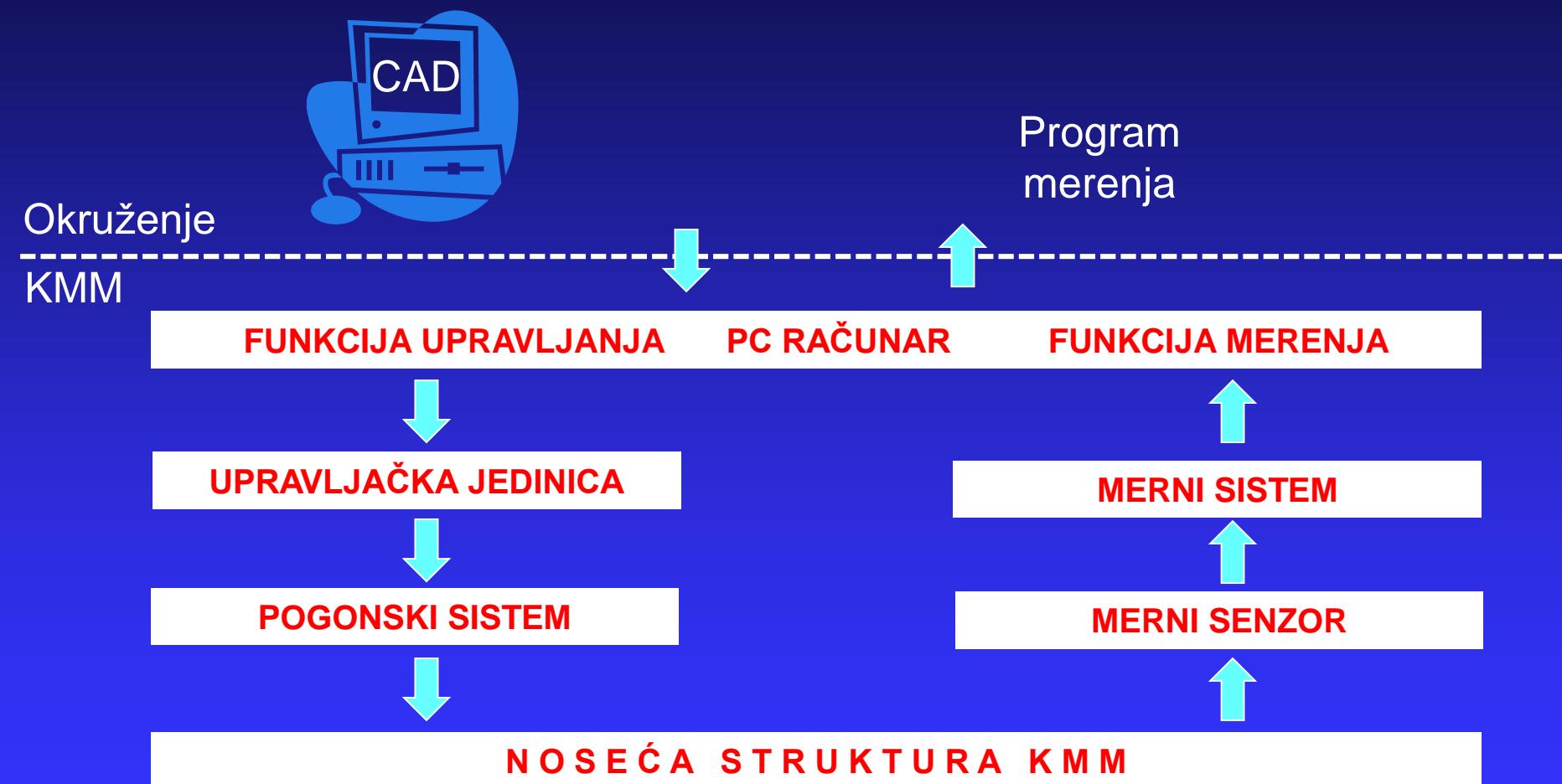
Računari su omogućili razvoj novog pristupa u metrologiji* - **koordinatne metrologije**, koja predstavlja standard u savremenoj dimenzionalnoj metrologiji.

* Metrologija - nauka o merenju.



Arhitektura KMM

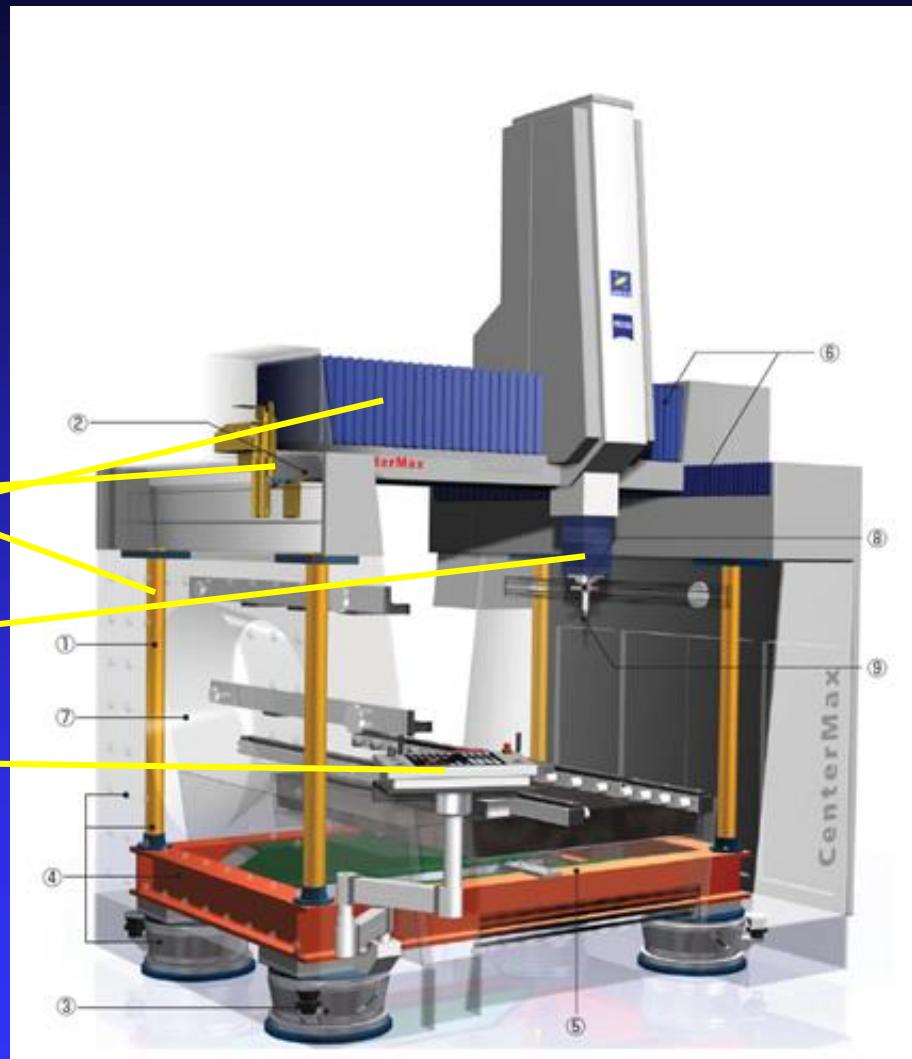
- ✓ Arhitektura KMM obuhvata hardverske i softverske komponente.



Arhitektura KMM

✓ Hardverske komponente KMM:

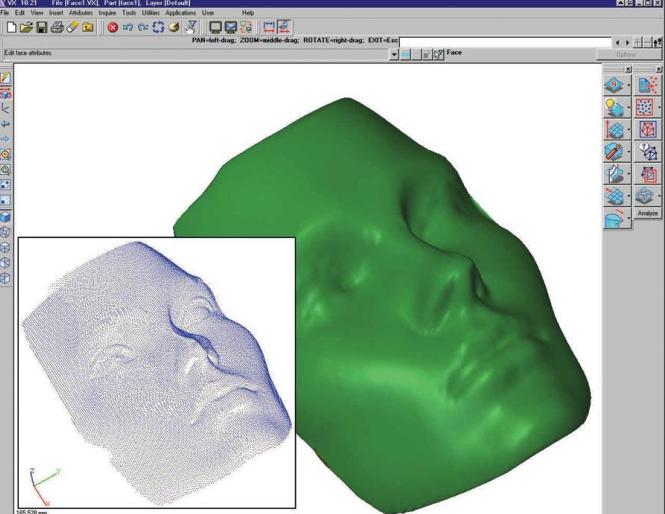
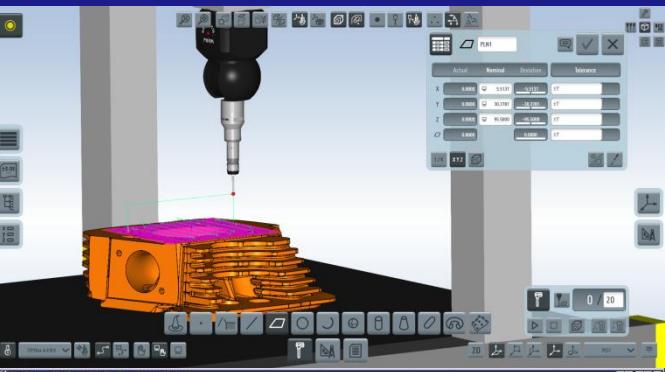
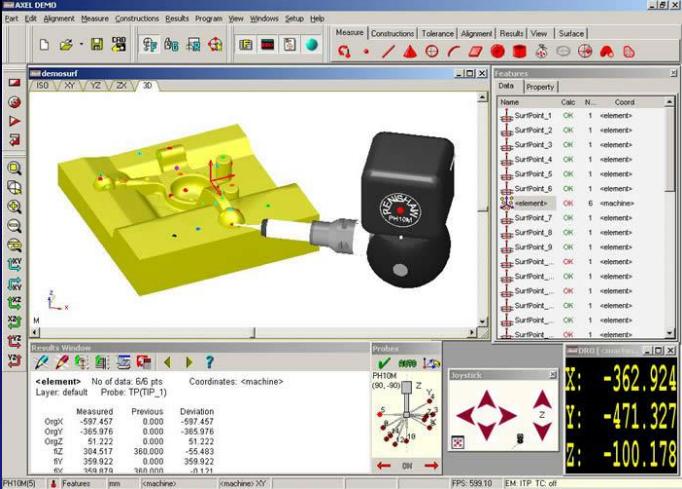
- ✓ noseća struktura,
- ✓ pogonski sistem,
- ✓ merni sistem,
- ✓ merni senzor,
- ✓ računarska podrška.



Arhitektura KMM

✓ Softverske komponente:

- ✓ softver za tolerancije dužina, uglova, oblika i položaja,
- ✓ softver za merenje i inspekciju zupčanika,
- ✓ softver za merenje i inspekciju krivih (free-form) linija i površina,
- ✓ softver za statističke analize,
- ✓ softver za komunikaciju i integraciju.



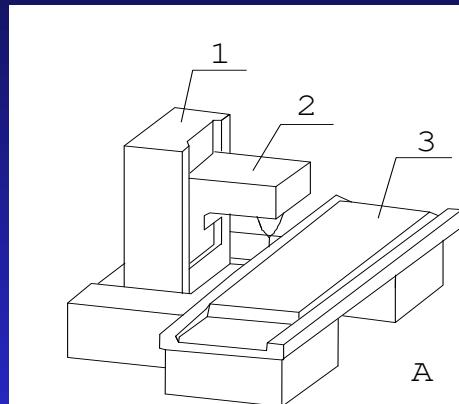
Noseća struktura KMM

- ✓ Osnovni element KMM čija je funkcija:
 - ✓ da obezbedi odgovarajuću krutost KMM pri izvođenju procesa merenja uz postizanje propisane merne nesigurnosti i
 - ✓ da omogući tačno vođenje pokretnih elemenata noseće strukture.
- ✓ KMM se izvode u četiri osnovne varijante noseće strukture:
 - 1) konzolna-vertikalna,
 - 2) portalna,
 - 3) konzolna-horizontalna i
 - 4) mos(t)na.

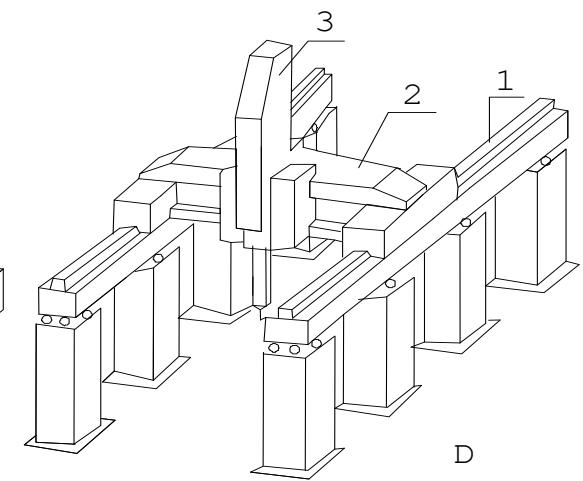
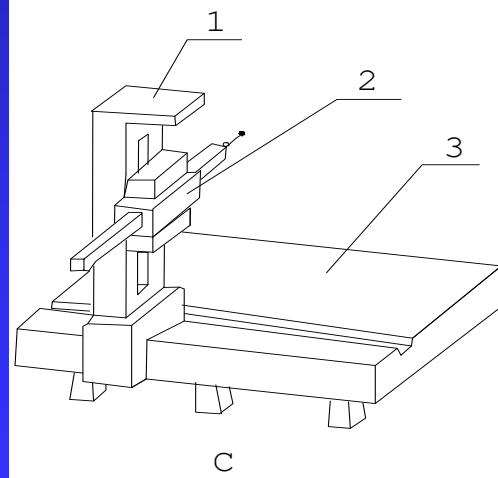
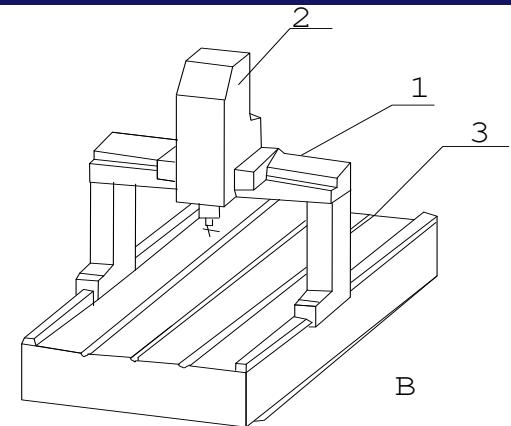
Osnovne vrste noseće strukture KMM

- ✓ Osnovni elementi navedenih struktura su:
 - ✓ nosač-portal (1),
 - ✓ nosač mernog senzora (2)
 - ✓ merni sto (3).

Konzolna vertikalna



Portalna



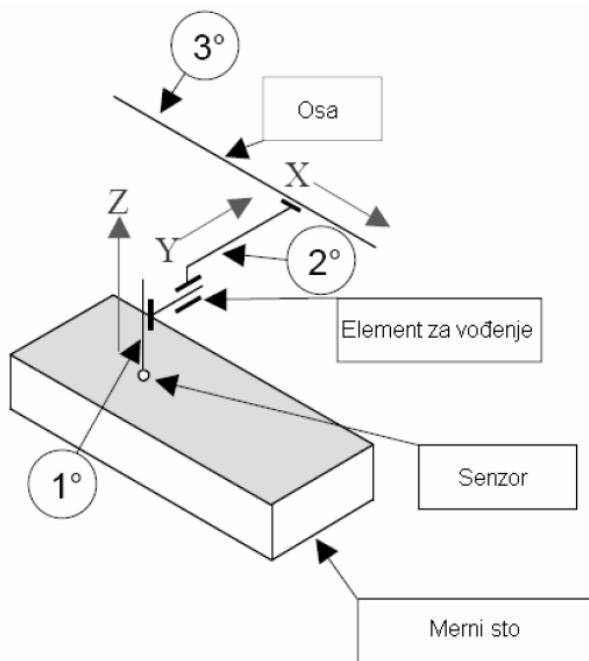
Konzolna horizontalna

Mosna

Konzolna vertikalna KMM se izvodi u tri osnovne varijante:

- 1) stub (1) nepokretan - merni sto (3) i konzola (2) mernog senzora pokretna,
- 2) merni sto nepokretan - stub i konzola pokretni, i
- 3) svi elementi pokretni.

Ova vrsta KMM se gradi do max veličine mernog prostora u pravcu jedne ose od 600 mm, za merenje složenih mernih predmeta, srednjih gabarita i visoke tačnosti.



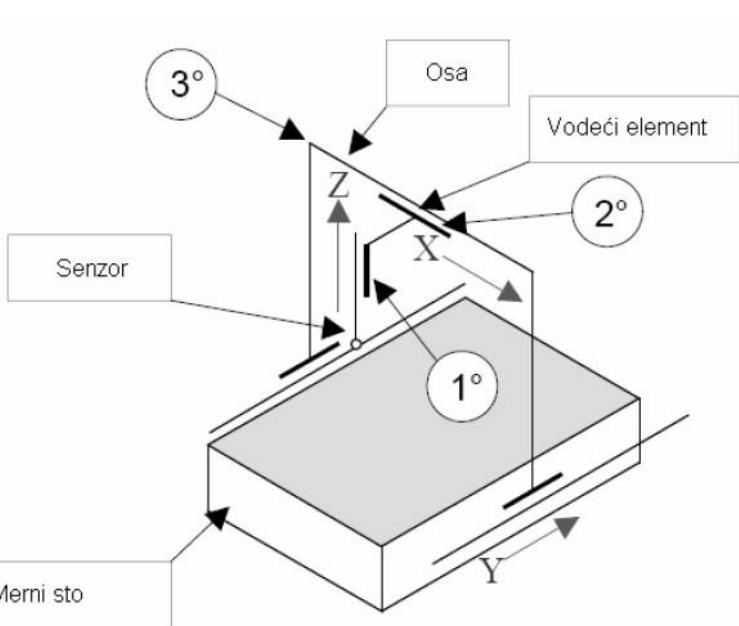
Portalne KMM se koriste za srednje vrednosti mernih prostora: od 800 do 1800 mm.

Izvode se u dve osnovne varijante:

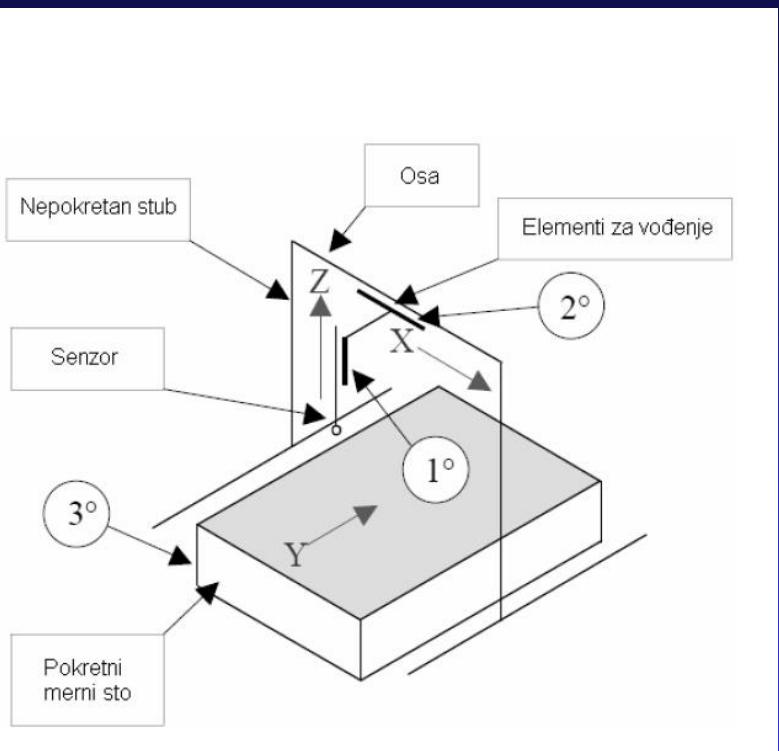
- 1) pokretan portal / nepokretan merni sto i
- 2) nepokretan portal / pokretan merni sto.

U oba slučaja nosač mernog senzora je pokretan.

Koriste se za precizna i kompleksna merenja.



Portalna noseća struktura sa pokretnim portalom



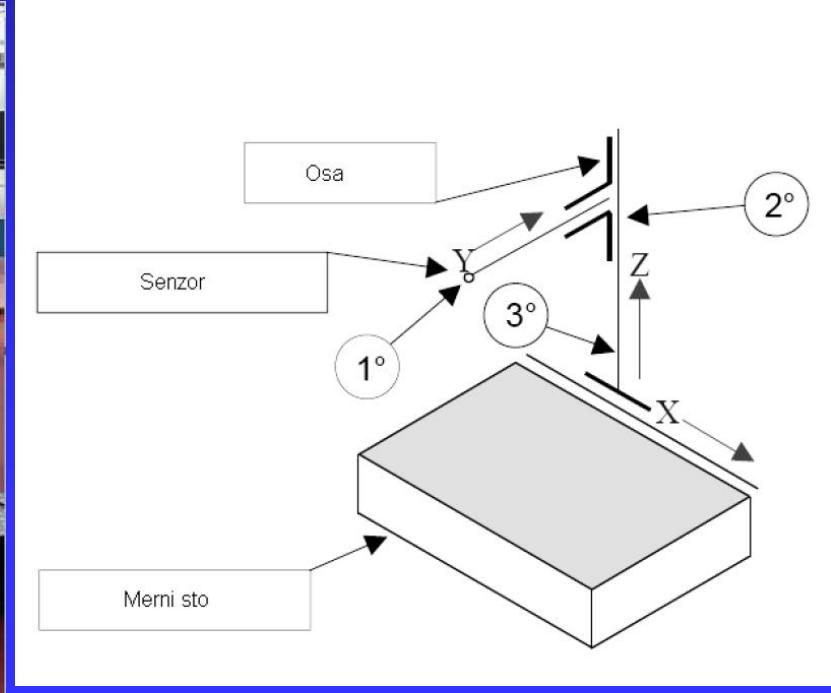
Portalna noseća struktura sa nepokretnim portalom

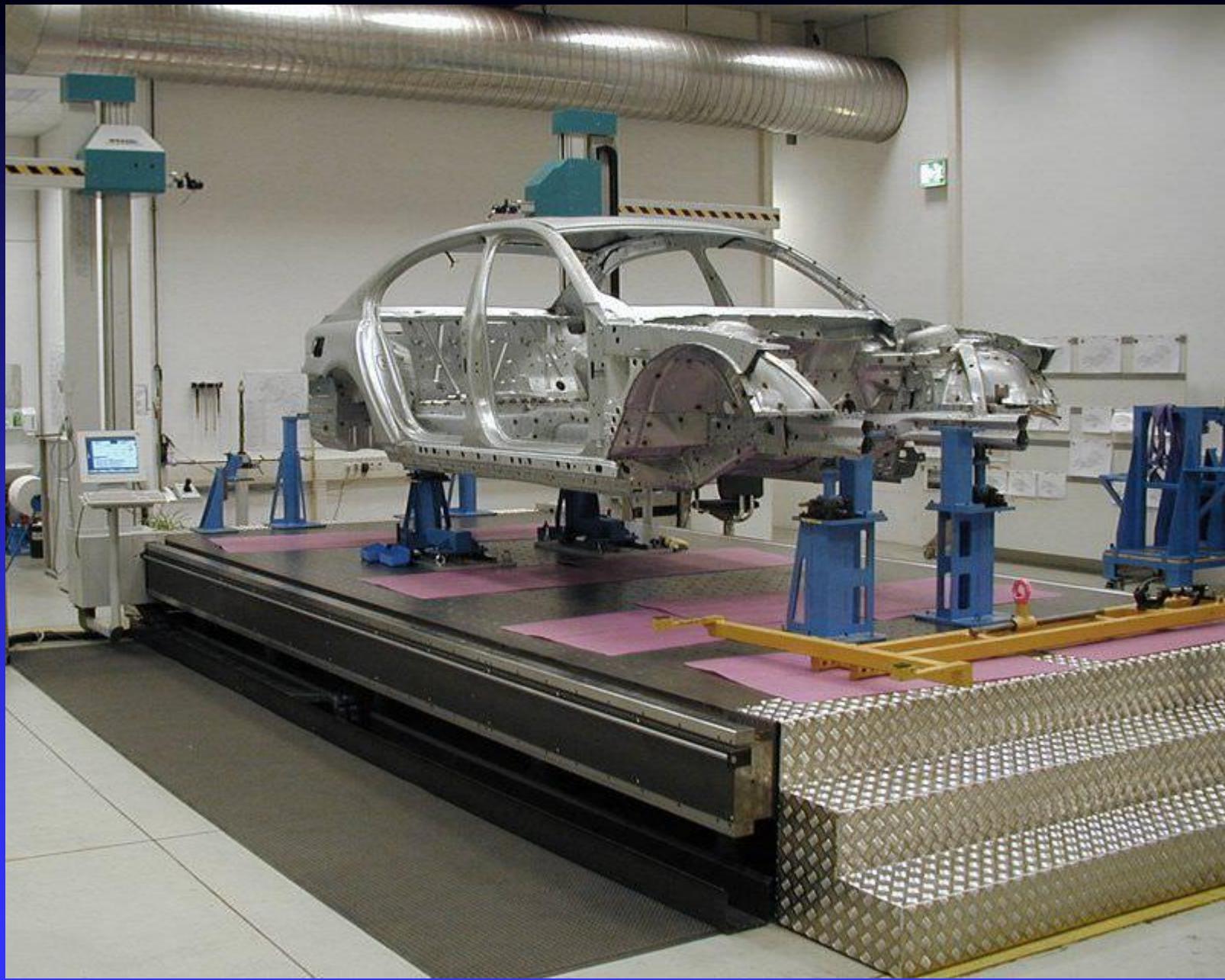
Konzolne horizontalne KMM se izvode u dve osnovne varijante noseće strukture:

- 1) pokretan stub (1) - nepokretan merni sto (3), i
- 2) nepokretan stub - pokretan merni sto.

Kao i u prethodnom slučaju nosač mernog senzora je u oba slučaja pokretan.

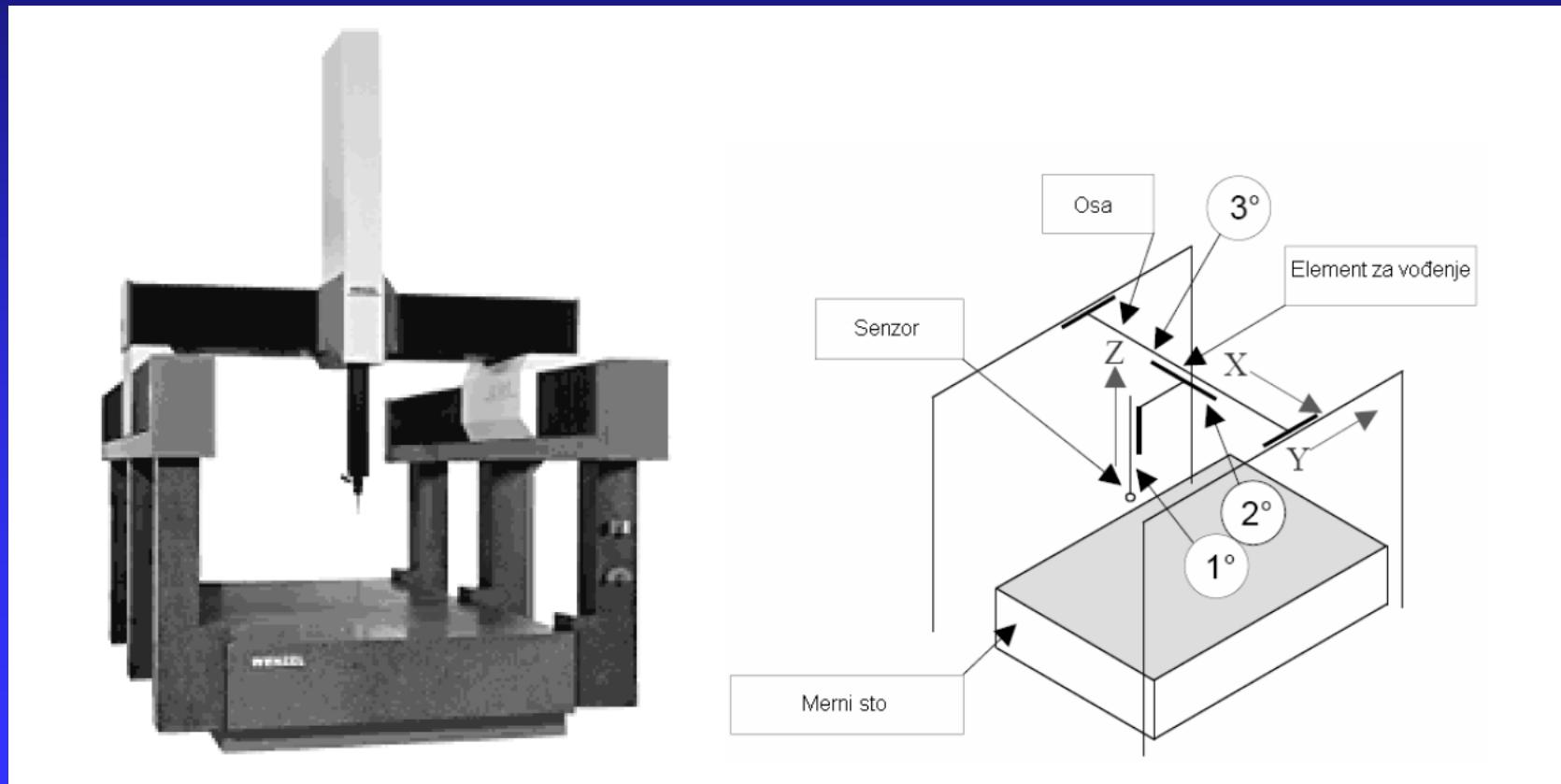
Ova konfiguracija se koristi za inspekciju velikih (ne teških) mernih predmeta, kao što su na primer karoserije automobila, i za manje tačna merenja.





Mosne KMM predstavljaju oblik noseće strukture koji se primenjuje za inspekciju velikih i teških mernih predmeta, pri čemu su:

stupovi (1) nepokretni a portal (2) i nosač mernog senzora (3) pokretni elementi noseće strukture.





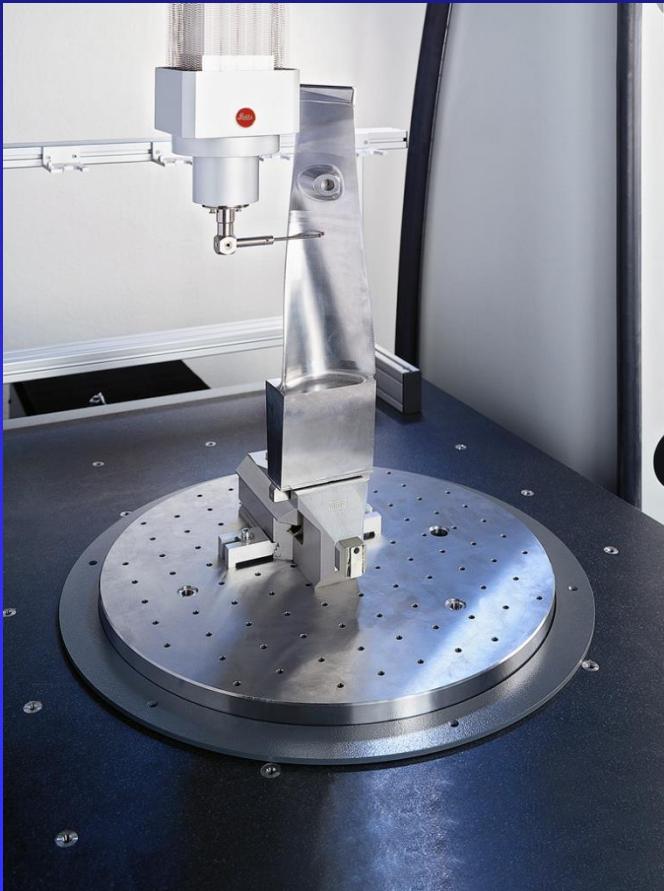
Kod svih tipova noseće strukture KMM, osim mosne, se javlja kombinacija pokretnog i nepokretnog mernog stola.

Dosadašnja iskustva u primeni KMM su generisala sledeće **prednosti primene nepokretnog mernog stola**, odnosno pokretnog portalna ili stuba:

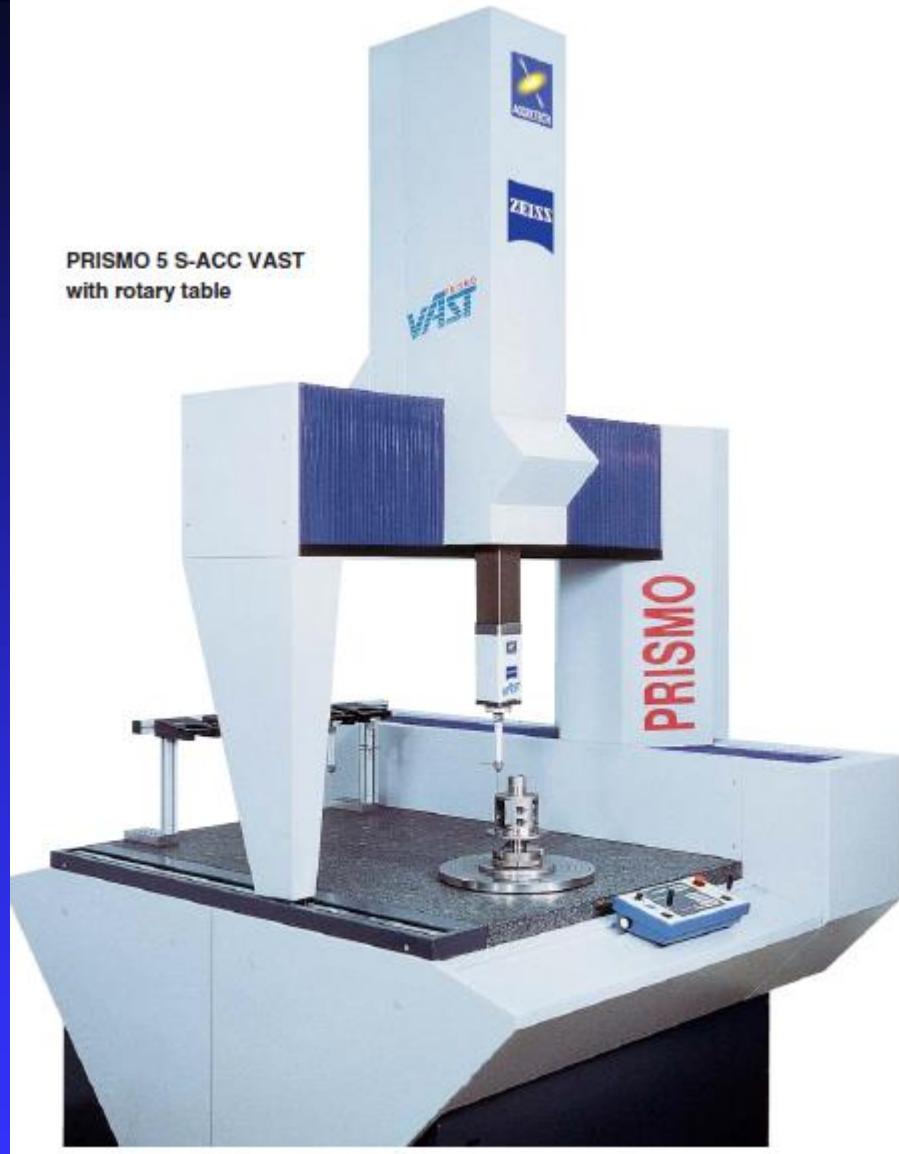
- mogućnost postavaljanja KMM na manjem prostoru - manji troškovi prostora,
- dobra dostupnost cele površine mernog stola - fleksibilnost upotrebe,
- velika dužina i/ili visina mernog predmeta - fleksibilnost mernih predmeta,
- velika promenjivost mase - ne utiče na tačnost merenja,
- brzina portalna ili stuba do 150 mm/s - kraće vreme merenja velikih mernih predmeta,
- obrtni sto se lako instalije na merni sto - smanjenje potrebne merne zapremine,
- mogućnost upotrebe velikih obrtnih stolova - omogućena kompleksna 3D digitalizacija teških mernih predmeta, i
- aktivno pneumatsko prigušenje vibracija - nisu potrebni temelji za MM.

Obrtni sto daje dodatni stepen slobode nosećoj strukturi, koja po pravilu ima tri stepena slobode translacije, a pomoću obrtnog stola, dobija se četvrti stepen slobode - rotacija.

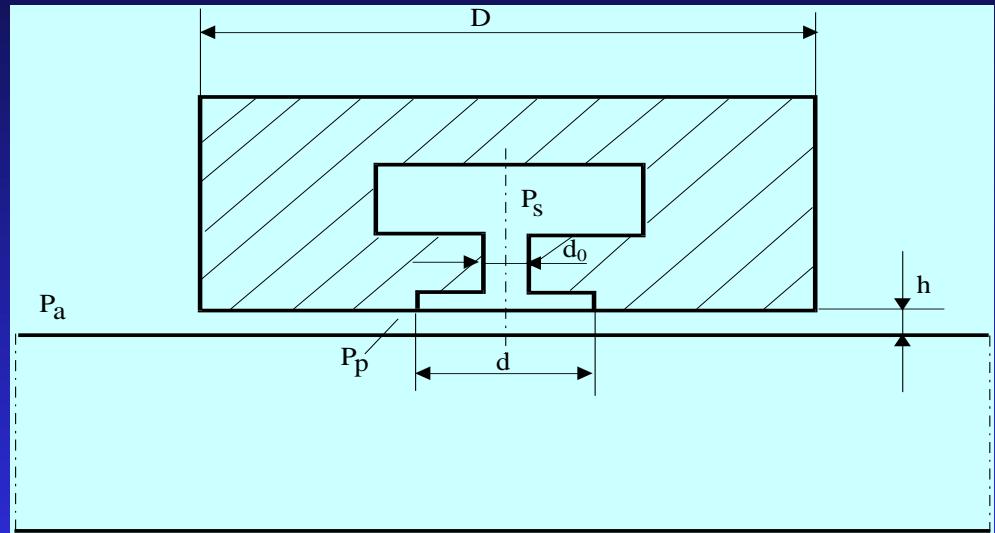
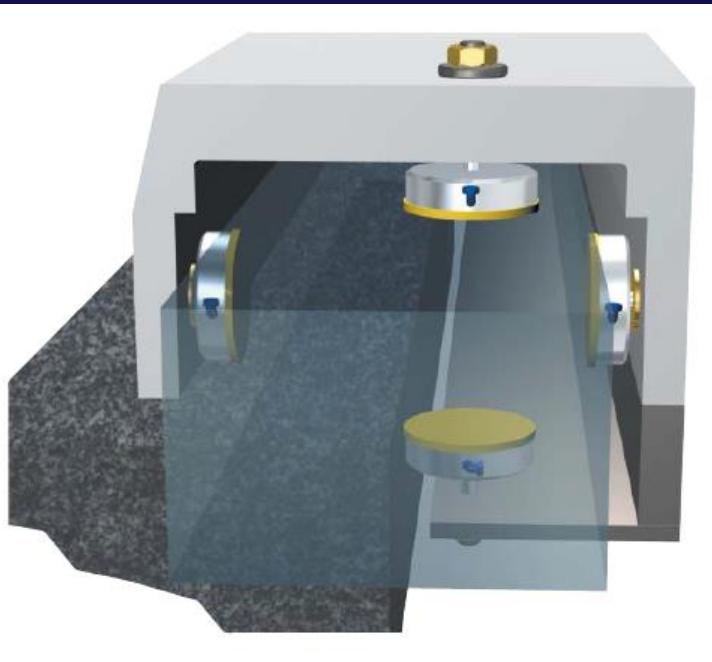
Koristi se za 3D digitalizaciju kompleksnih oblika.



PRISMO 5 S-ACC VAST
with rotary table



Vazdušni ležajevi predstavljaju bitan element noseće strukture KMM.

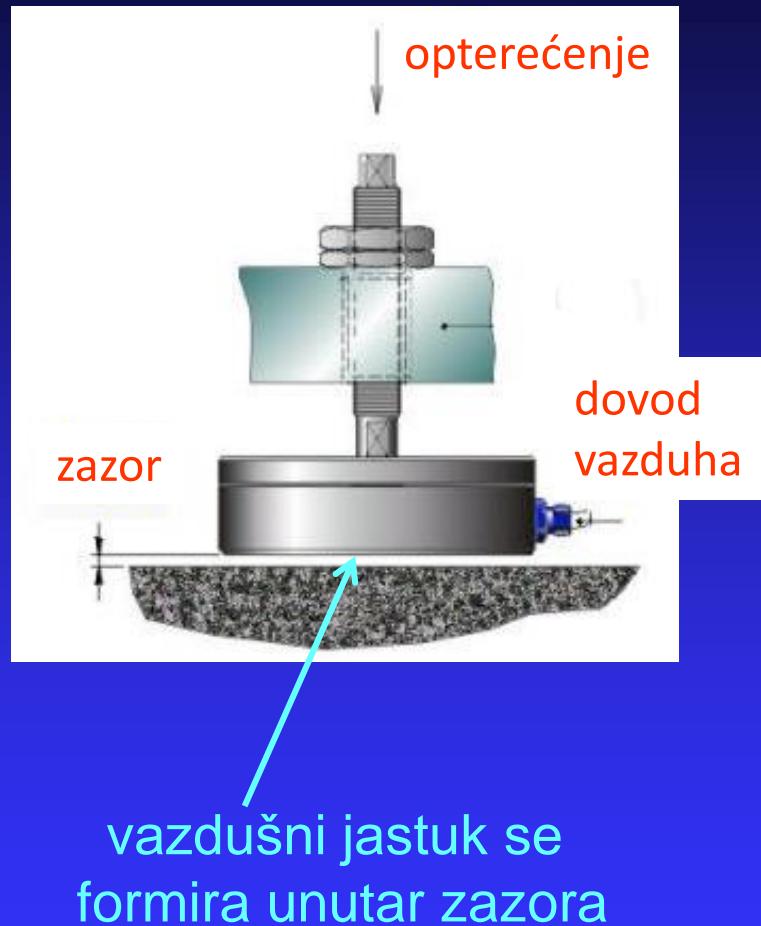


h - visina vazdušnog jastuka, d_o - prečnik mlaznice ležaja, p_p - pritisak u vazdušnom jastuku, p_s - pritisak napajanja, D - spoljni prečnik vazdušnog ležaja, p_a - atmosferski pritisak.

Osnovni parametri pločastog vazdušnog ležaja

Karakteristike vazdušnih ležaja su posebno važne za precizna translatorna pomeranja i one se odnose na:

- ✓ malo trenje,
- ✓ tačnost i ponovljivost (debljina vazdušnog jastuka se kreće oko $0.05 \mu\text{m}$ na dužini od 300mm , a ponovljivost linearne putanje je $0.025 \mu\text{m}$),
- ✓ male vibracije i nizak nivo buke,
- ✓ dug vek i
- ✓ odsustvo zagađenosti radne sredine (vazduh kojim se napajaju ležaji i koji izlazi u okolinu KMM je čist).

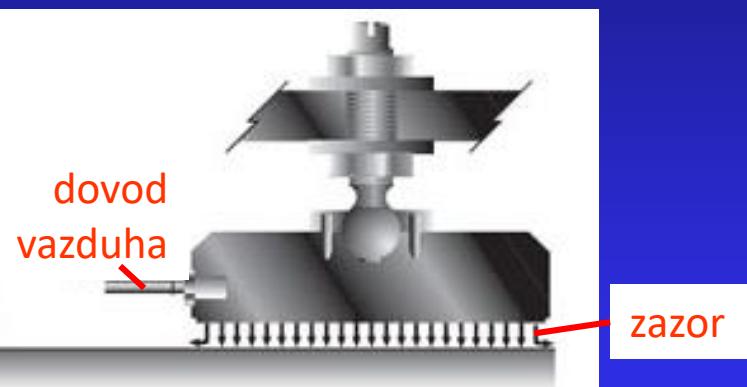


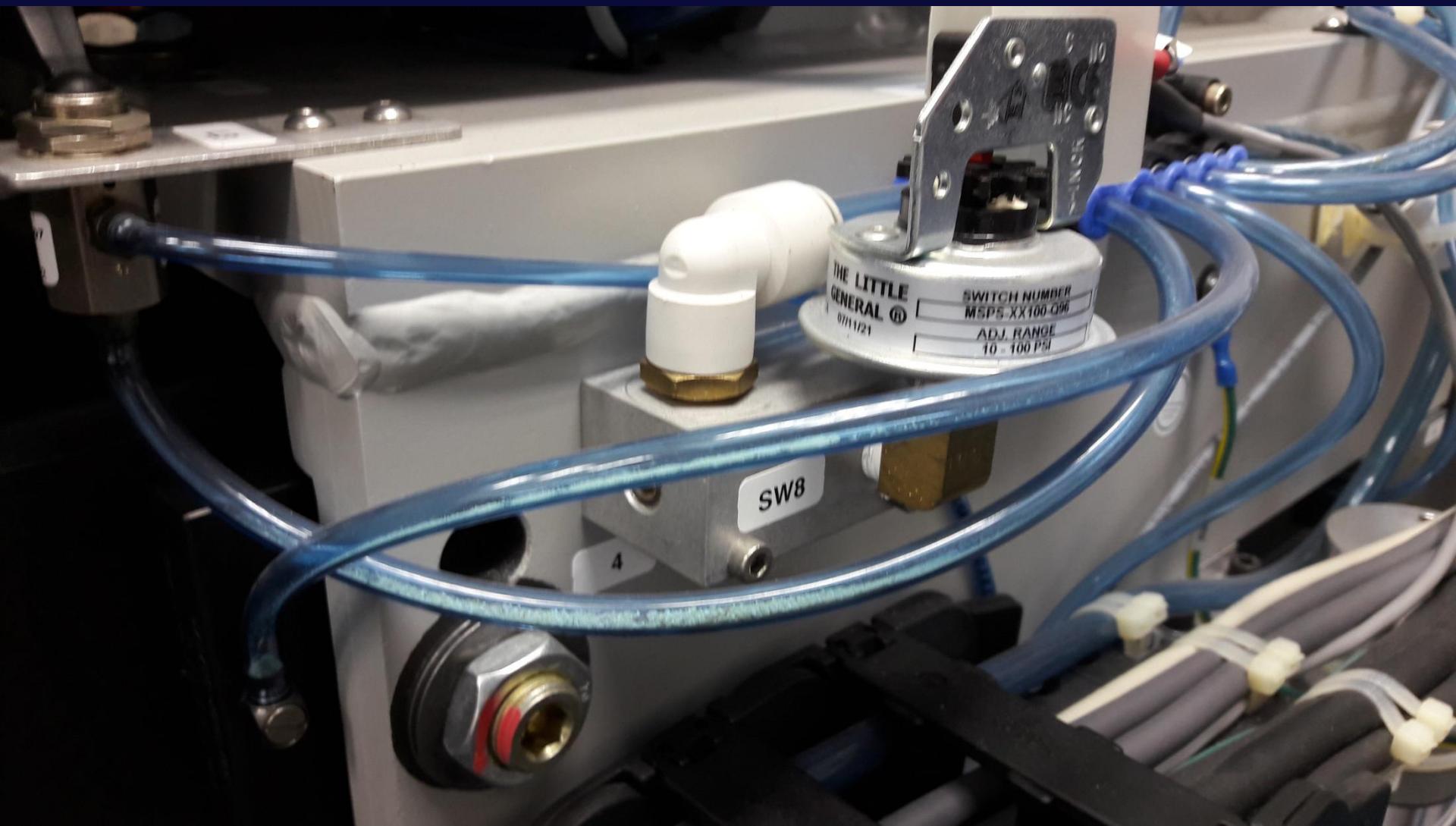
Tipovi vazdušnih ležajeva

Sa otvorima



Porozni karbonski





Merni sistemi kod mernih mašina

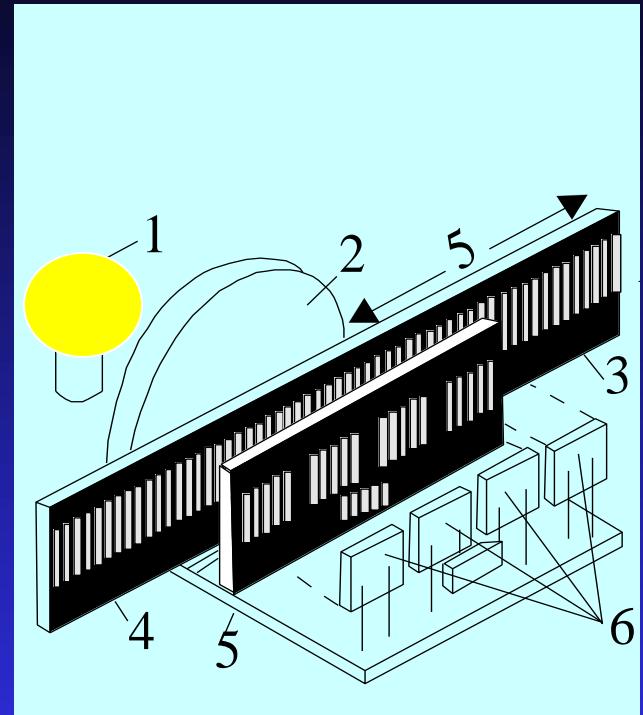
- ✓ Funkcija mernih sistema kod KMM je da jednoznačno identifikuju položaj pokretnih elemenata noseće strukture.
- ✓ Svaki stepen slobode noseće strukture ima sopstveni merni sistem, a zajedno povezani u celinu, čine relativni merni sistem KMM.
- ✓ Bilo koja tačka u mernom prostoru mašine, može da predstavlja koordinatni početak mašine.



Najzastupljeniji u primeni na KMM je **optički merni sistem**:

To je pozicioni merni sistem - generisanje električnih signala se vrši dvostrukim uzastopnim pretvaranjem veličina:

- Najpre se linijsko pomeranje pokretnog lenjira (5) prevodi u promenu jačine svetlosti pre ulaska u fotoćeliju (6). (Ovo se postiže pomeranjem lenjira, čime se ciklično zatvaraju i otvaraju prolazi svetlosnom snopu, pa se jačina svetlosti menja po sinusnom zakonu.)
- Drugi pretvarač pretvara promenu jačine svetlosti u električne signale pomoću fotoćelija, jer se one naizmenično osvetljavaju u ritmu promene jačine svetlosti.
- Smer kretanja se utvrđuje na bazi prve osvetljene fotoćelije.



- 1) svetlosni izvor,
- 2) objektiv,
- 3) nepokretni lenjir,
- 4) sa rešetkama različite gustine,
- 5) pokretni lenjir sa rešetkama,
- 6) fotoćelija.

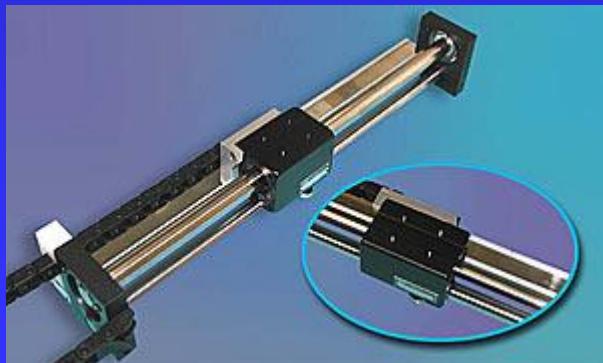
Pogonski sistemi kod mernih mašina

Pogonski sistemi imaju funkciju translatornog i rotacionog pokretanja pokretnih elemenata noseće strukture.

To su sistemi koji KMM daju stepene slobode.

Kao prenosni mehanizmi kod KMM se upotrebljavaju:

- frikcioni prenosnici - za **srednje** gabarite (manja tačnost merenja);
- zupčasta letva - **velike** gabarite KMM;
- beskonačna traka - **male i srednje** gabarite KMM;
- navrtka sa zavojnim vretenom - **male i srednje** gabarite KMM.



Pitanja?

Komentari?