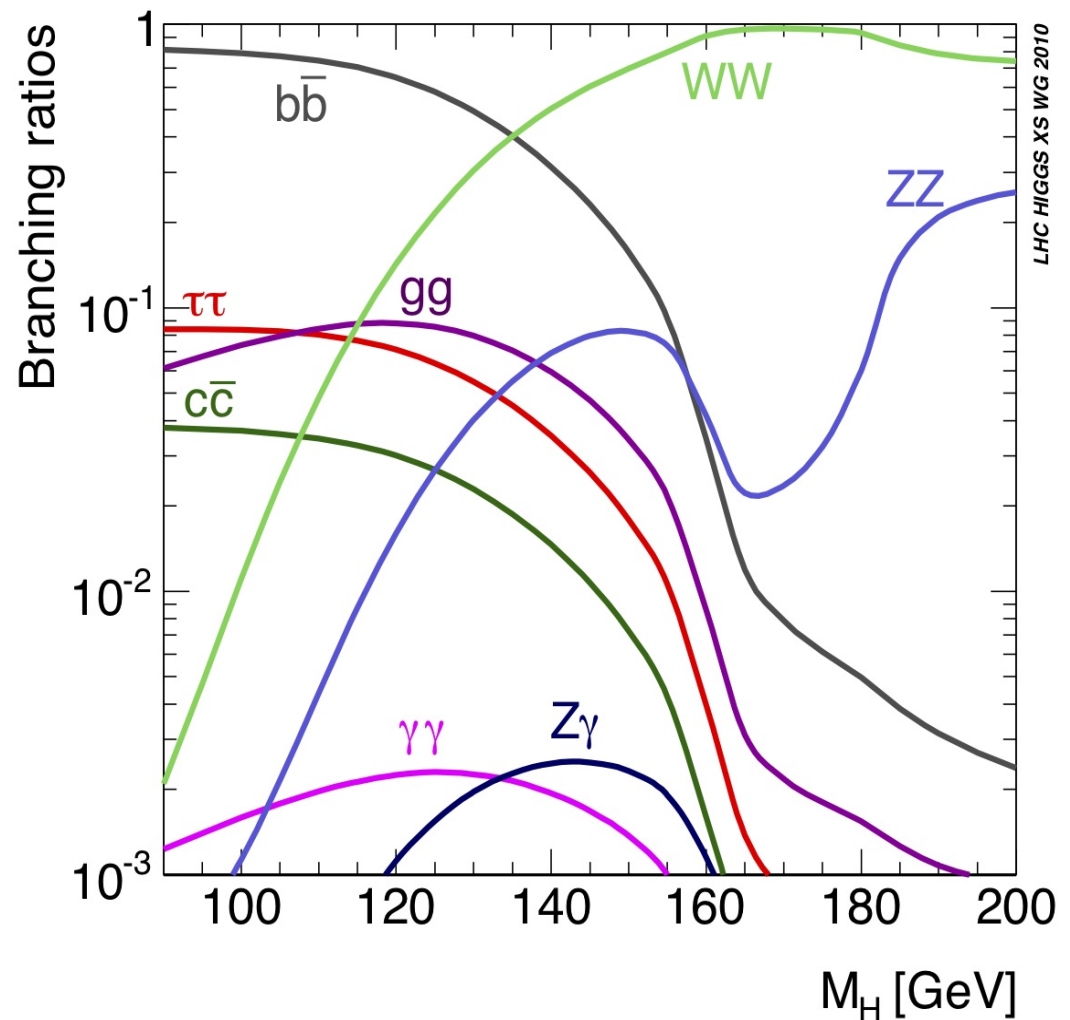


Optimizacija algoritma za identifikaciju hadronskih mlazova nastalih raspadom ultrarelativističkih Higgsovih bozona u dva b kvarka

Matej Roguljić
Mentor: Dinko Ferenček

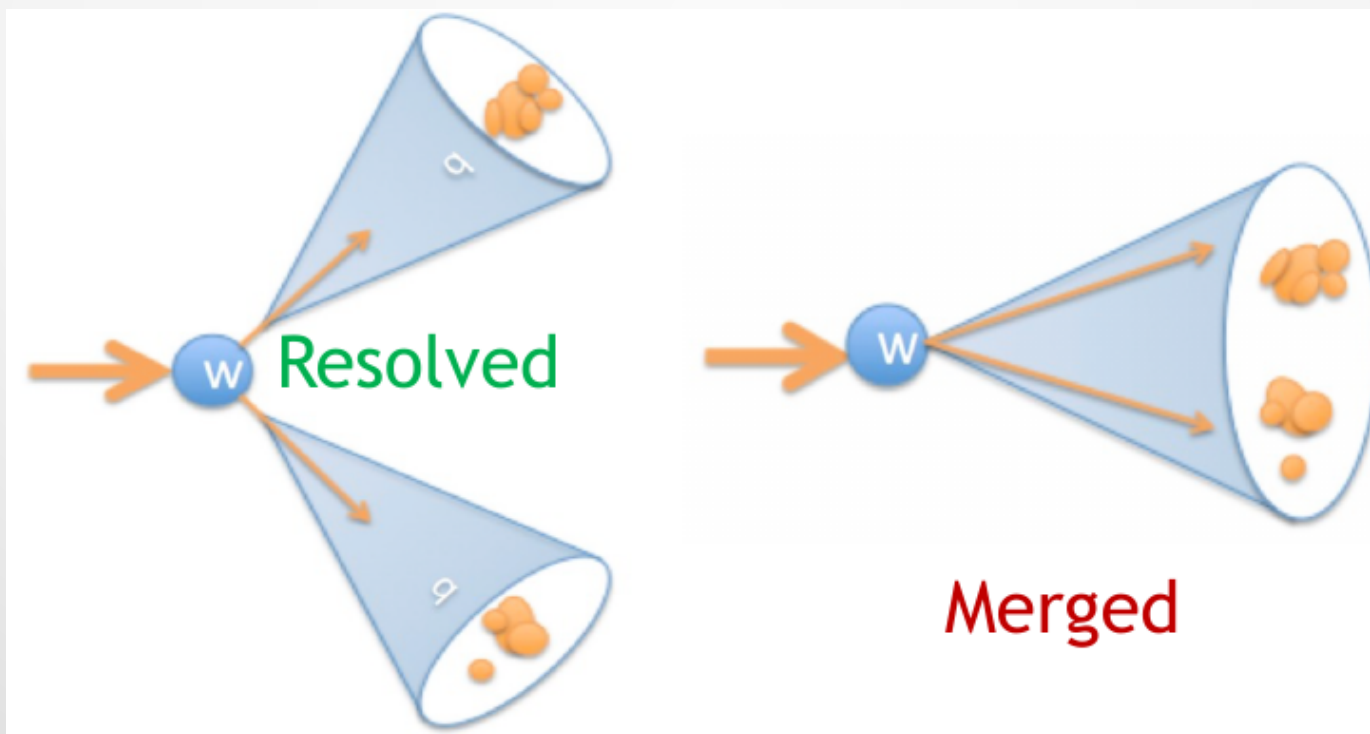
Zašto Higgs u $b\bar{b}$?

- Nije potvrđeno vezanje na fermione iako je najveći predviđeni omjer grananja za $b\bar{b}$
- Razlog tomu je relativno velika pozadina – drugi procesi čiji produkti izgledaju sličnu u detektoru



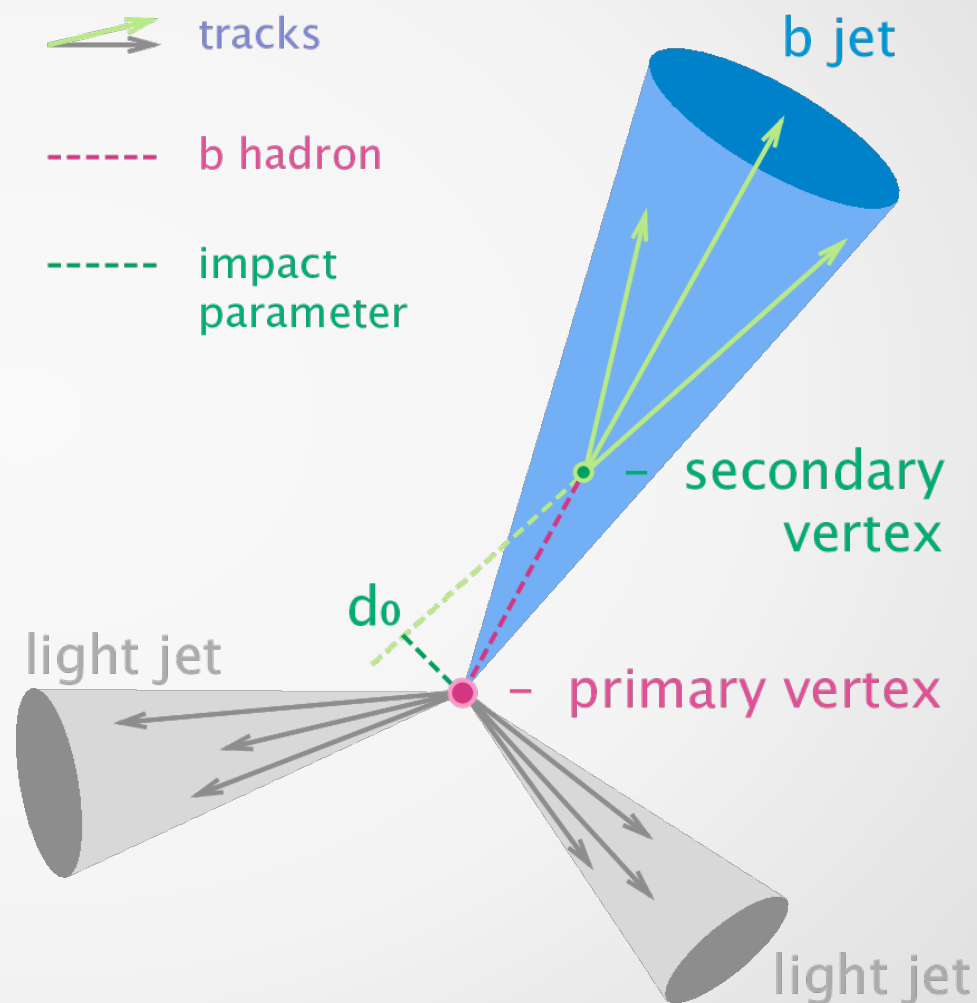
Problem pozadine

- Ultrarelativističkim režimom pokušavamo riješiti problem
- Smanjimo broj signalnih događaja, ali povećavamo omjer signal/pozadina
- Visoki impulsi imaju utjecaja i na topologiju – Fat Jets



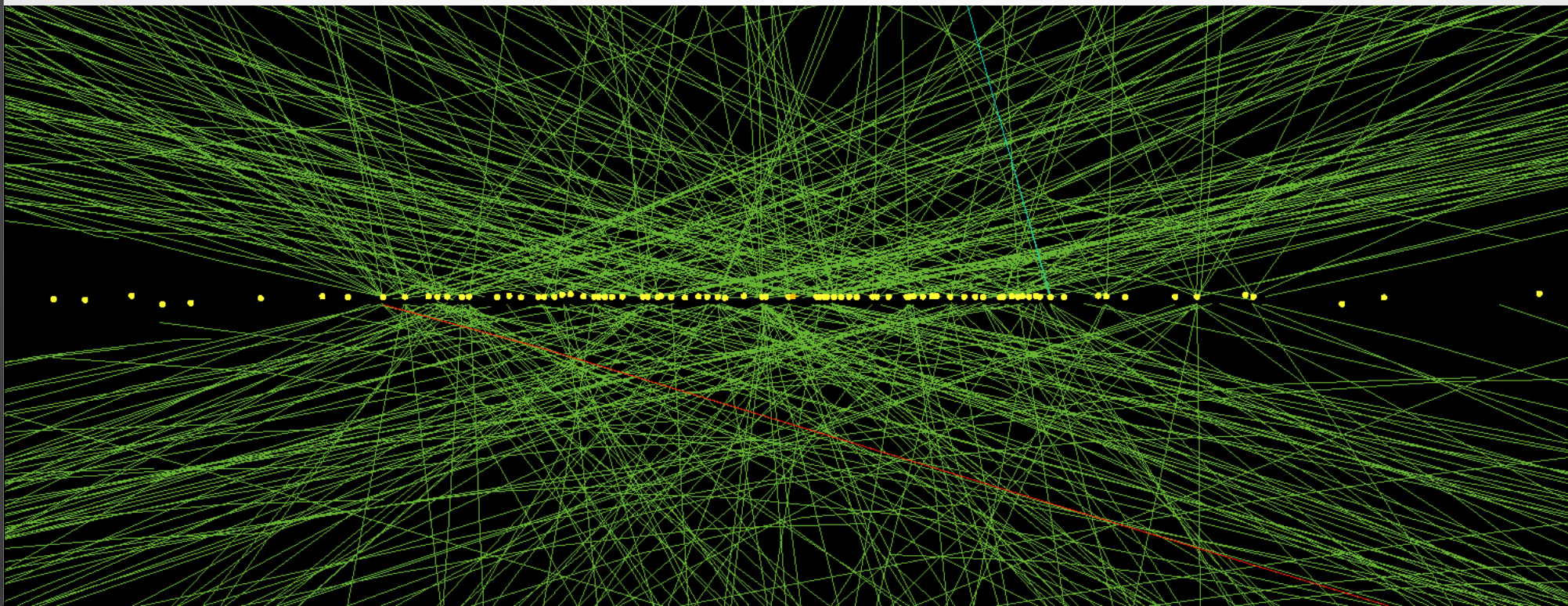
b označavanje

- Koji hadronski mlazovi dolaze od b kvarkova?
- Bitna svojstva: duljina preleta, parametar sudara, masa verteksa...
- Cilj seminara – poboljšavaju li se performanse b označavanja dodavanjem PUPPI algoritma?



PileUp Per Particle Identification (PUPPI)

- Pileup čine dodatne zabilježene proton-proton interakcije koje nas ne zanimaju
- Pileup per particle identification algoritam uklanja dodatne interakcije

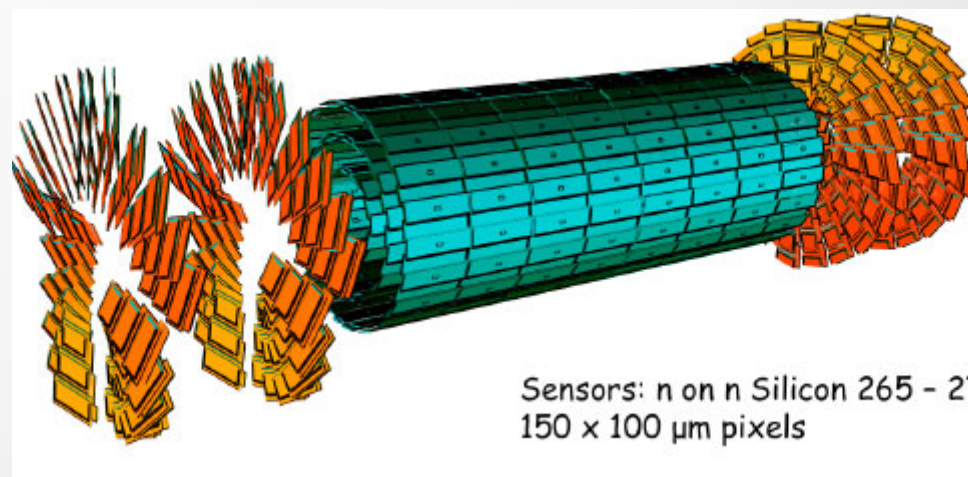
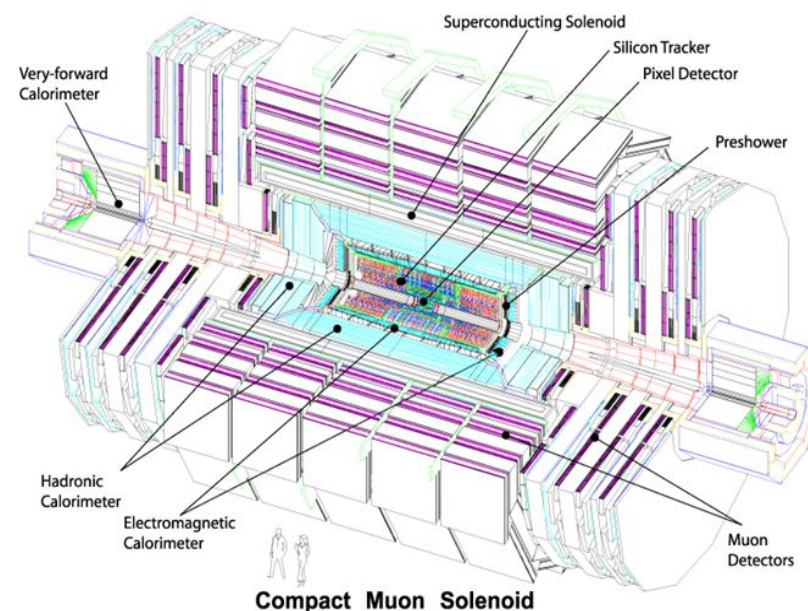


PUPPI

- Nabijene čestice ostavljaju trag u centralnom dijelu detektora – možemo zaključiti dolaze li iz primarnog verteksa ili ne
- U prednjem dijelu nabijene čestice ne ostavljaju trag
- Neutralne čestice ne ostavljaju tragove



CMS Detector Subsystems



PUPPI

- Za svaku česticu računamo veličinu

$$\alpha_i = \log \sum_{j \in \text{event}} \xi_{ij} \times \Theta(R_{\min} \leq \Delta R_{ij} \leq R_0)$$

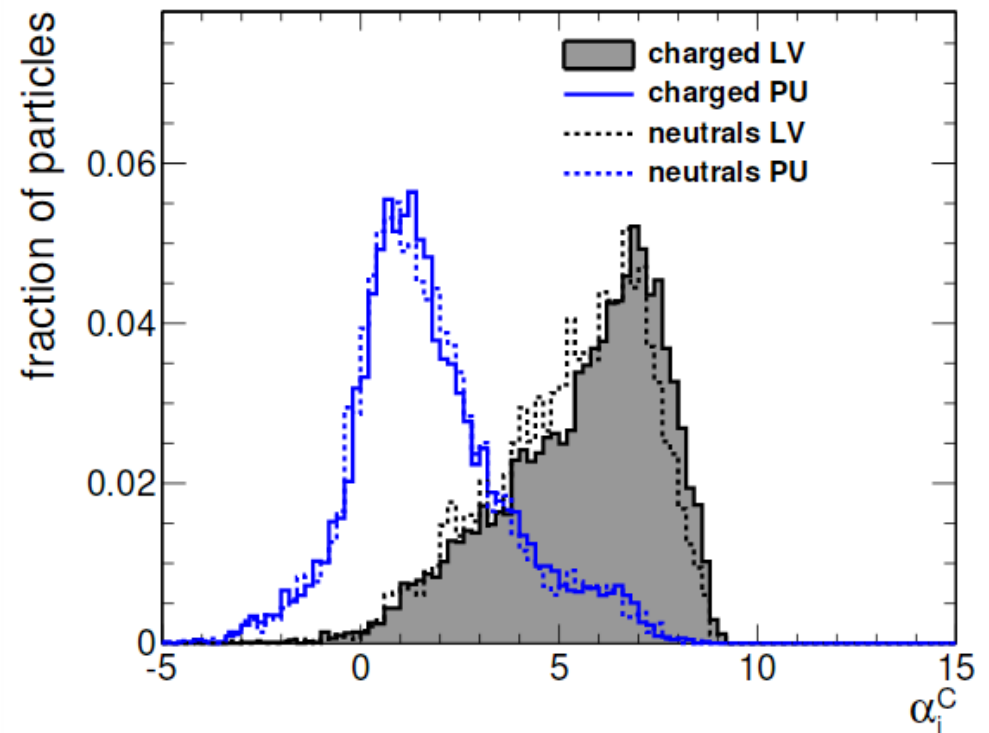
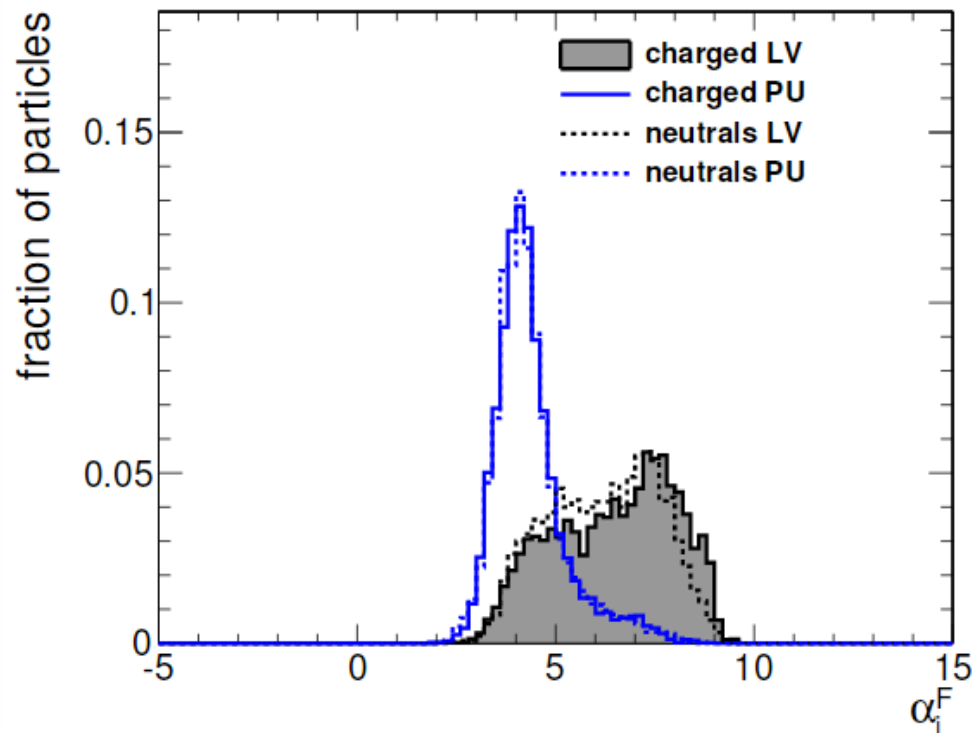
- $\xi_{ij} = p_T[\text{GeV}] / \Delta R_{ij}$, ΔR_{ij} je udaljenost u prostoru pseudorapiditeta i azimutalnog kuta
- Sumacija se može izvršiti po svim česticama (α^F) ili po nabijenim česticama iz primarnog verteksa (α^C)

PUPPI

- Za nabijene čestice za koje znamo da su došle iz primarnog verteksa izračunamo α^F i α^C
- Isto napravimo i za nabijene čestice za koje znamo da su došle iz Pileup-a
- Pretpostavimo da su raspodjele za neutralne čestice iste kao i za nabijene čestice

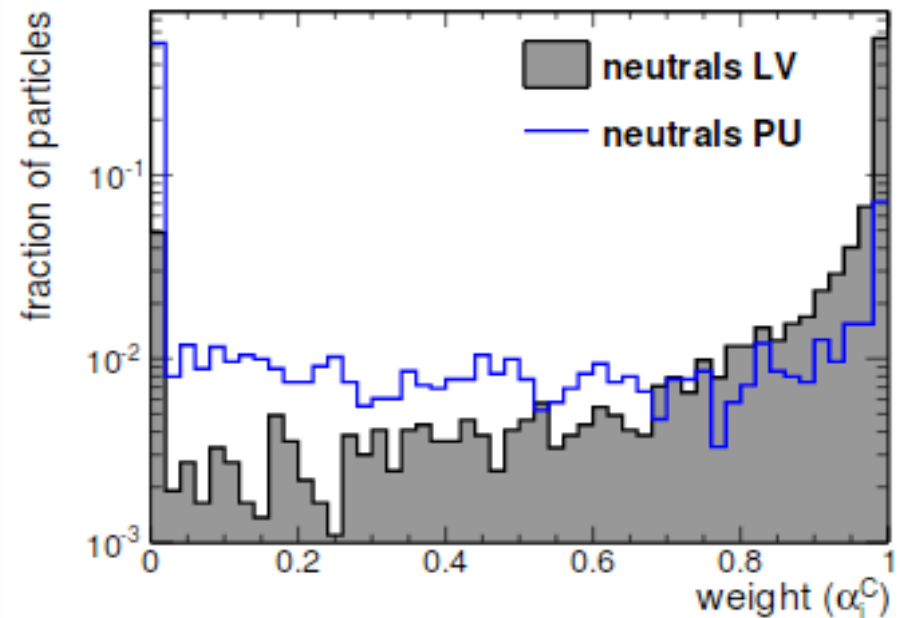
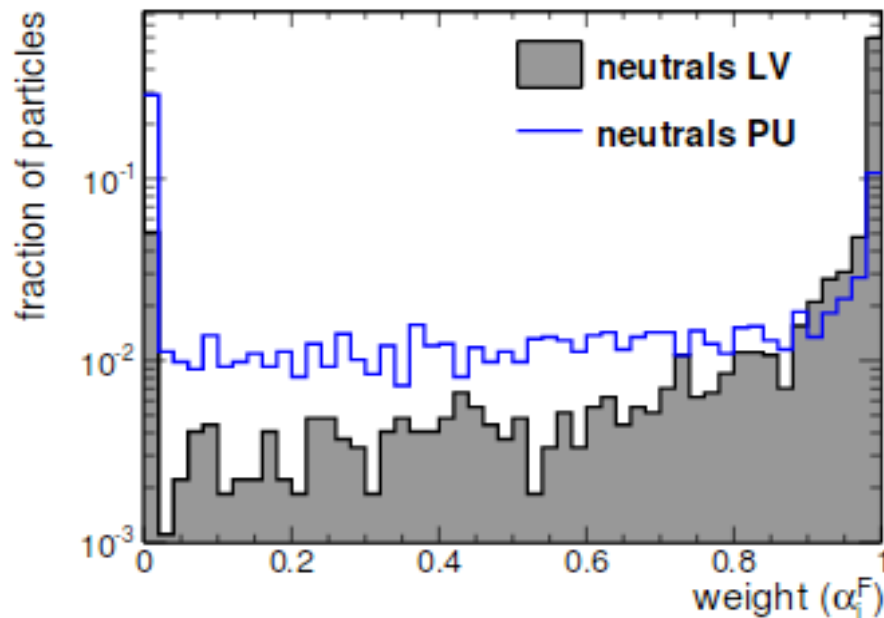
PUPPI

- Na taj način dobijemo α^F i α^C za neutralne čestice
- Do neke mjere razdvajaju čestice iz primarnog verteks i iz Pileup-a

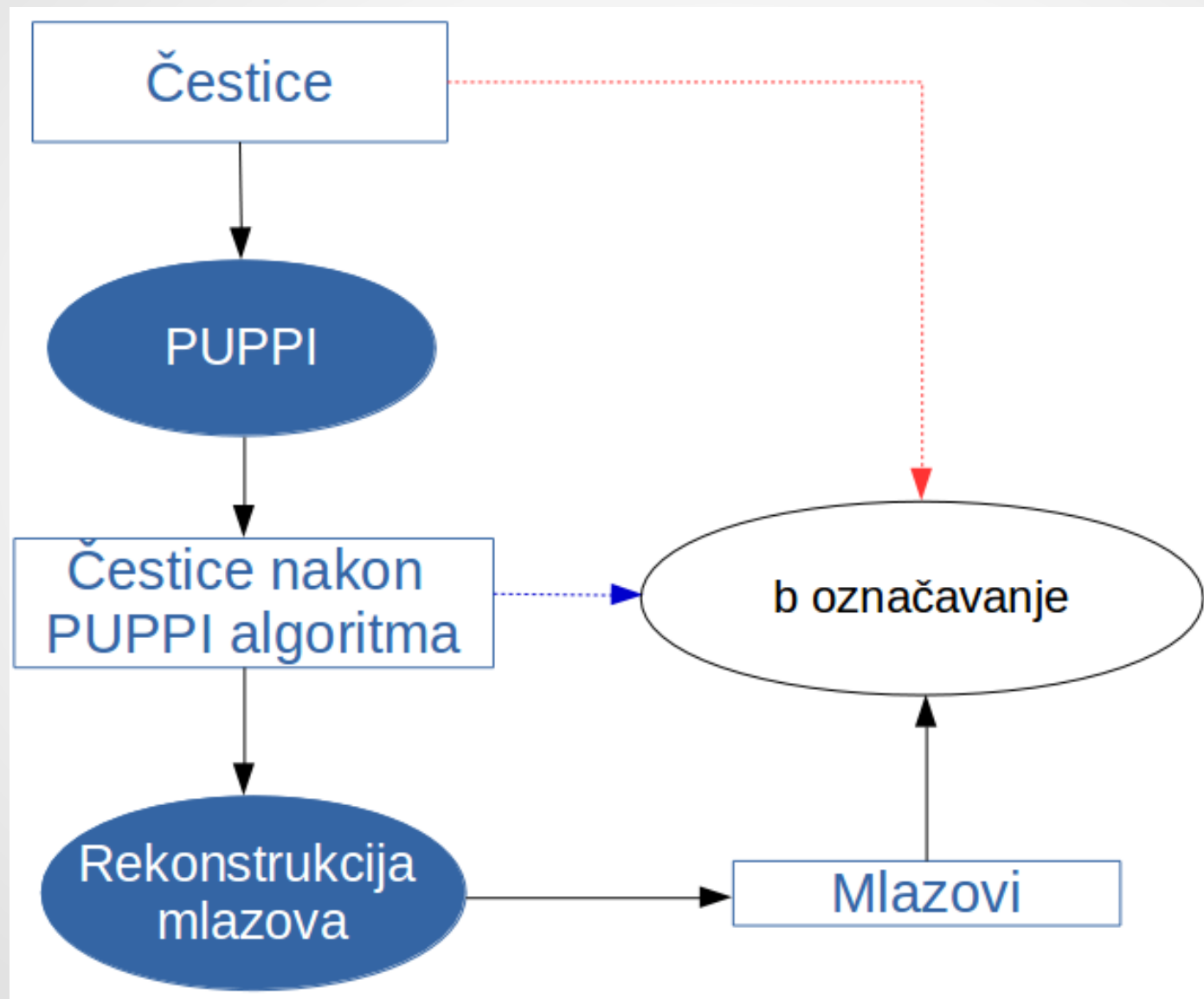


PUPPI

- Karakteristike distribucija (medijan, RMS) koriste se za pridruživanje težina
- Nabijene čestice dobiju težinu 0 ili 1, a neutralne težinu iz intervala $[0,1]$



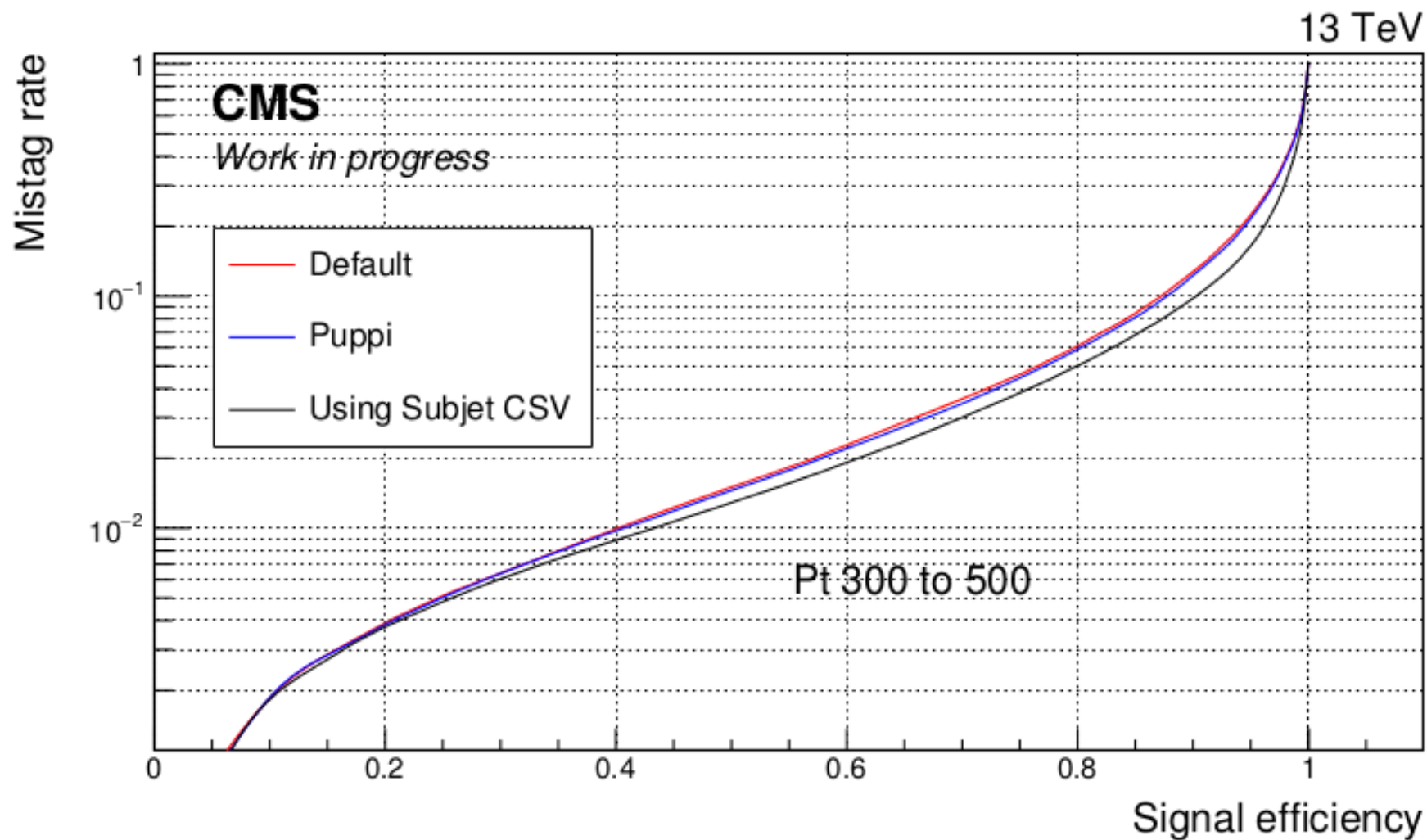
Primjena PUPPI u b označavanju



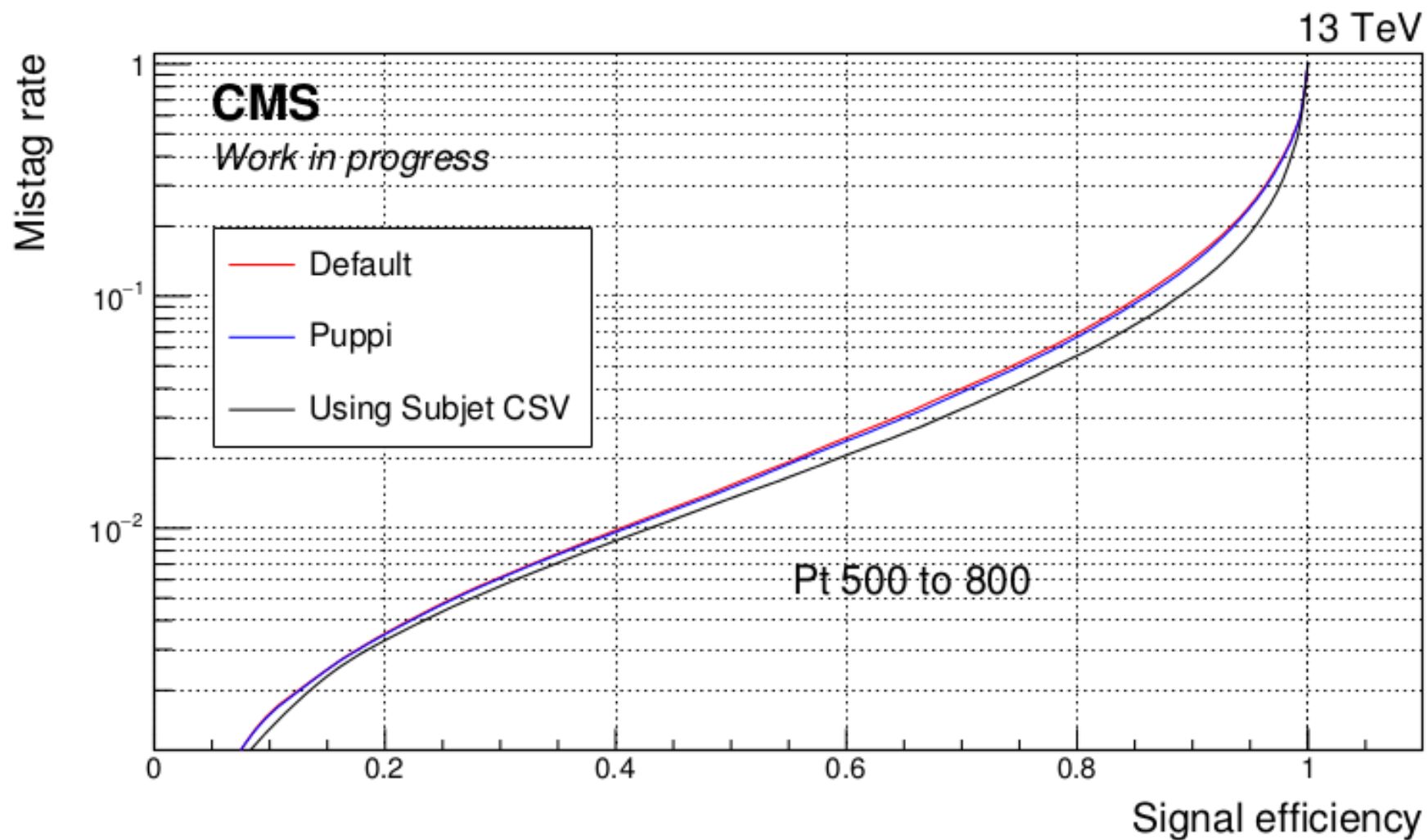
Treniranje algoritma za b označavanje

- Koristi se paket TMVA (Toolkit for Multivariate Analysis) – Boosted Decision Tree metodu
- 27 ulaznih varijabli poput mase i energije verteksa, duljine preleta...
- Algoritam svakom hadronskom mlazu pridruži vrijednost diskriminatora koja govori o vjerojatnosti da je mlaz signalan
- Performanse se prikazuju ROC krivuljom – efikasnost signala vs. efikasnost pozadine
- Efikanost = $N_{\text{pass}} / N_{\text{total}}$, gdje je N_{pass} broj događaja čija je vrijednost diskriminatora veća od postavljene, a ukupan broj događaja N_{total}

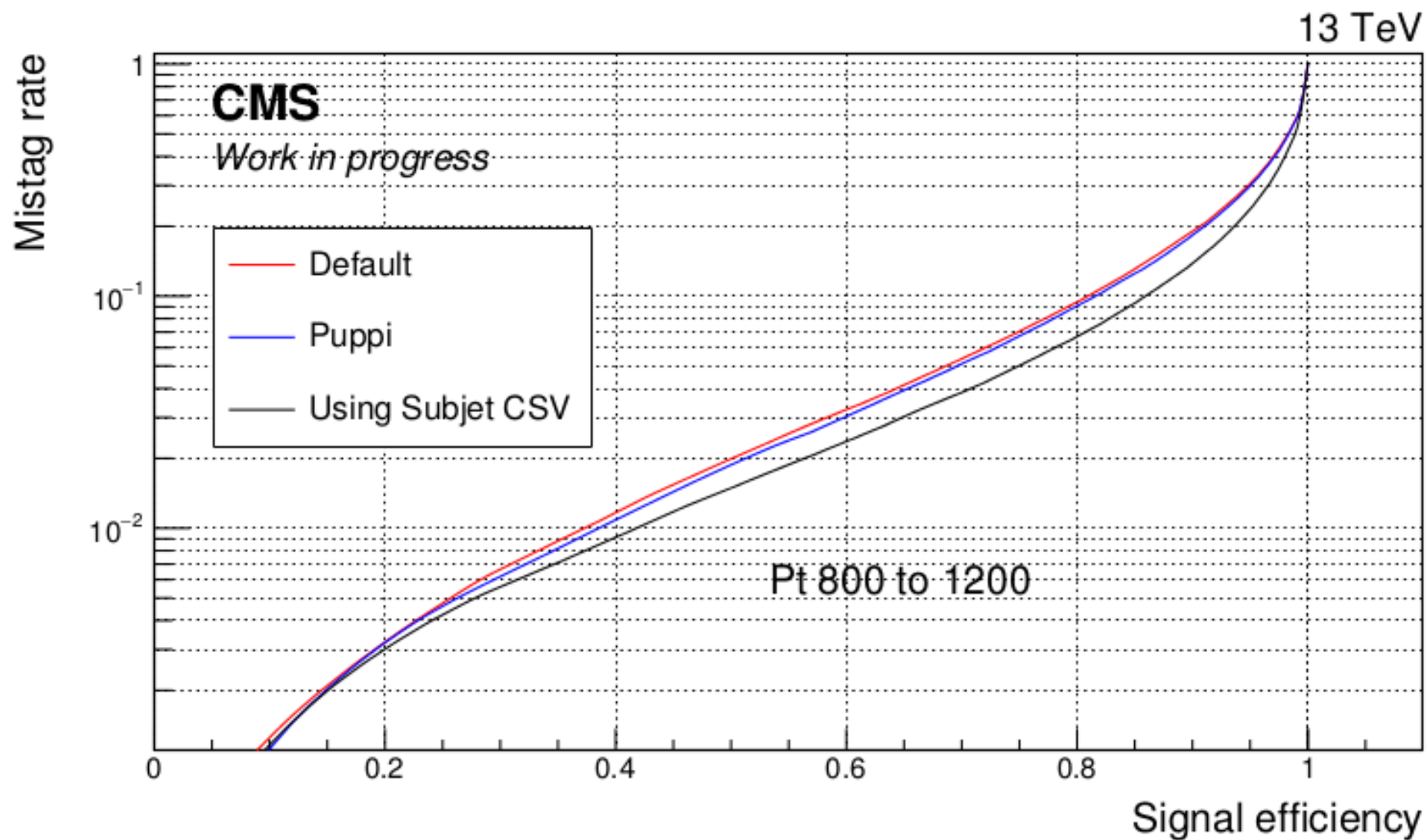
Rezultati



Rezultati



Rezultati



Zaključak

- Dodavanje PUPPI algoritma prilikom b označavanja tek neznatno poboljšava performanse
- Na velikim transversalnim impulsima hadronskih mlazova pogoršaju se performanse algoritma
- Poboljšanje algoritma moguće je promjenom seta varijabli koji se koristi tijekom treninga

Backup

- Jet_z_ratio
 - Jet_ntracks
 - Jet_nSV_fat
 - Jet_trackSip3dSig_3
 - Jet_trackSip3dSig_2
 - Jet_trackSip3dSig_1
 - Jet_trackSip3dSig_0
 - Jet_trackSip2dSigAboveCharm_0
 - Jet_trackSip2dSigAboveBottom_0
 - Jet_trackSip2dSigAboveBottom_1
 - Jet_tau1_trackSip3dSig_0
 - Jet_tau1_trackSip3dSig_1
 - Jet_tau1_trackEtaRel_0
 - Jet_tau1_trackEtaRel_1
 - Jet_tau1_trackEtaRel_2
 - Jet_tau1_vertexMass
 - Jet_tau1_vertexEnergyRatio
 - Jet_tau1_vertexDeltaR
 - Jet_tau1_flightDistance2dSig
- + Sve varijable iz desnog stupca osim vertexDeltaR u varijanti Jet_tau2_...

Izvori slika

- Higgs omjeri grananja - <http://www.quantumdiaries.org/wp-content/uploads/2011/08/higgsbr.jpg>
- Shema b hadronskog mlaza - <https://en.wikipedia.org/wiki/B-tagging>
- Pileup - <http://cms.web.cern.ch/news/reconstructing-multitude-particle-tracks-within-cms>
- CMS shema detektora - <https://cds.cern.ch/record/1433717>
- Pixel detektor - <http://quarknet.fnal.gov/fnal-uc/quarknet-summer-research/QNET2013/images/cms-pixel-detector.jpg>
- PUPPI algoritam plotovi - Daniele Bertolini i dr. "Pileup per particle identification". Journal of High Energy Physics 2014.10