

# Gruppo di Lavoro BSM

Conveners: G. Polesello, S. Rahatlou, A. Romanino, **A. Wulzer**

Partecipanti: Azzi, Bertuzzo, Bonivento, Buttazzo, Cobal, De Curtis,  
Ferrarese, Franceschini, Gennaro, Panico, Panizzo,  
Sala, Tesi, Thamm, Torre, Urbano

Mandato ricevuto da What Next:

“Quale direzione in assenza di scoperte da LHC run-2 e 1-ton Direct Detection experiments?”

Mandato esaurito a Giugno 2015 con pubblicazione:

“What Next: White Paper of CSN1”

Partecipazione e interesse specialmente da parte dei “giovani”, numerosi spunti originali e pubblicazioni separate in alcuni casi.

## Riassunto:

- Eccessive aspettative pre-LHC su SUSY “canonica” (MSSM high scale)  
Criticità note da LEP
- Origine “**Naturale**” di  $m_H$  unico problema teorico sul quale progresso sperimentale è **garantito**, alzando l’energia  
LHC run-2 (o 300/fb) può esplorare **fine-tuning**  $> 10$  ( $>1000$  a 100TeV)  
(scenari considerati: Composite Higgs e NMSSM)  
Ci convince di origine InNaturale per  $m_H$ ? (Antropica, Dinamica)
- Solo acceleratori permettono ricerche di **DM** in lab., con segnale e fondo pienamente controllabili.  
Reach meglio di D.D. a bassa massa e in alcuni scenari (S.D./scatt. inel.)
- **Frontiera Intensità**: stati leggeri, long-lived e debolmente interagenti  
Neutrini Sterili, Dark Photon etc. Campo in crescita (e.g. **SHiP**)

# Conclusioni:

- L'attuale stato dell'arte sperimentale non permette alla teoria di **garantire scoperte**, in nessun ambito della Fisica Fondamentale

## Pre-Higgs

### Scoperte Garantite

Assicurate da **No-Lose Theorems**:

- Beyond the Fermi Theory (il W)
- Beyond the Bottom quark (il Top)
- Beyond the EW Theory (l'Higgs)

## Post-Higgs

Teoria **Rinormalizzabile** di interazioni **EW/Strong**

Unico No-Lose Theorem (poco pratico) è Q.G.sotto  $M_P$ !

**Nessuna Scoperta Garantita**

## Conclusioni:

- L'attuale stato dell'arte sperimentale non permette alla teoria di **garantire scoperte**, in nessun ambito della Fisica Fondamentale
- Ricerca sperimentale non sarà più **verifica**, ma **esplorazione**

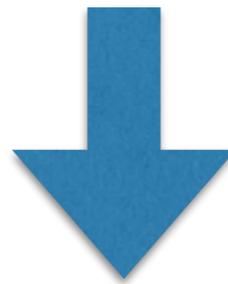
# Conclusioni:

- L'attuale stato dell'arte sperimentale non permette alla teoria di **garantire scoperte**, in nessun ambito della Fisica Fondamentale
- Ricerca sperimentale non sarà più **verifica**, ma **esplorazione**
- **Future Colliders**: esplorazione diretta e/o indiretta della nuova frontiera dell'energia
  1. **Garantiscono misure** in condizioni sperimentali nuove
  2. **Garantiscono ricerche** di nuova fisica su fondi noti
  3. **Non garantiscono scoperte**
  4. **Nessuna** ragione scientifica per **non** farli
  5. **Alternative?** Di uguale portata e costo comparabile?
  6. Sforzo **tecnologico** (ritorno short-term?) può renderli “economici”?

## Mandato ricevuto da What Next:

“Quale direzione in assenza di scoperte da LHC run-2 e 1-ton Direct Detection experiments?”

Questo Talk



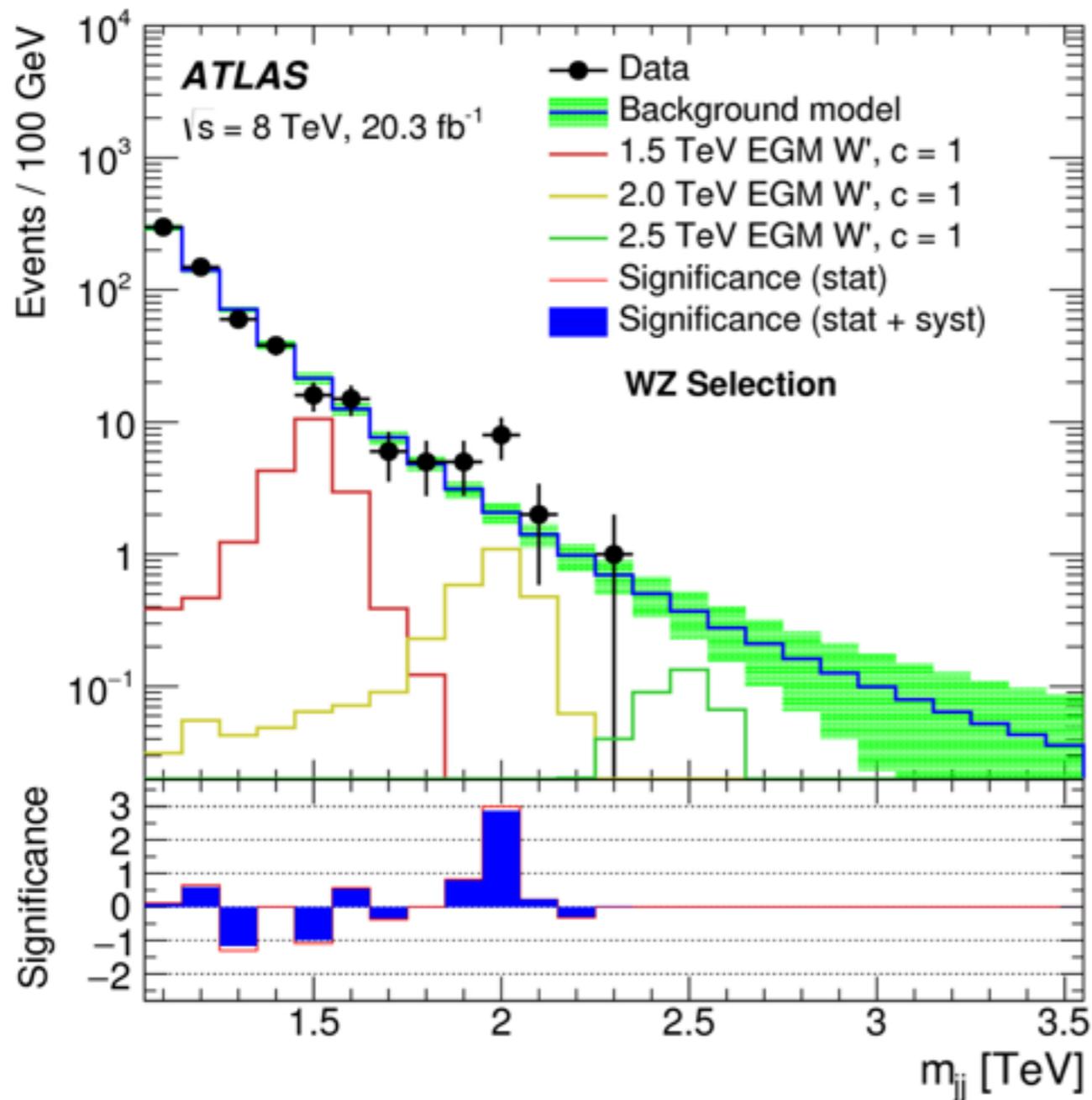
## Nuovo Mandato: What IF?

“E se una scoperta fosse dietro l’angolo a run-2?”

Prendendo spunto dai recenti eccessi in di-bosoni e di-fotoni

# What IF Di-Boson?

ATLAS 8TeV in ricerca di fat-jets da bosoni  $W$  o  $Z$



Significanza locale di  $3.4 \sigma$

Significanza globale di  $2.5 \sigma$

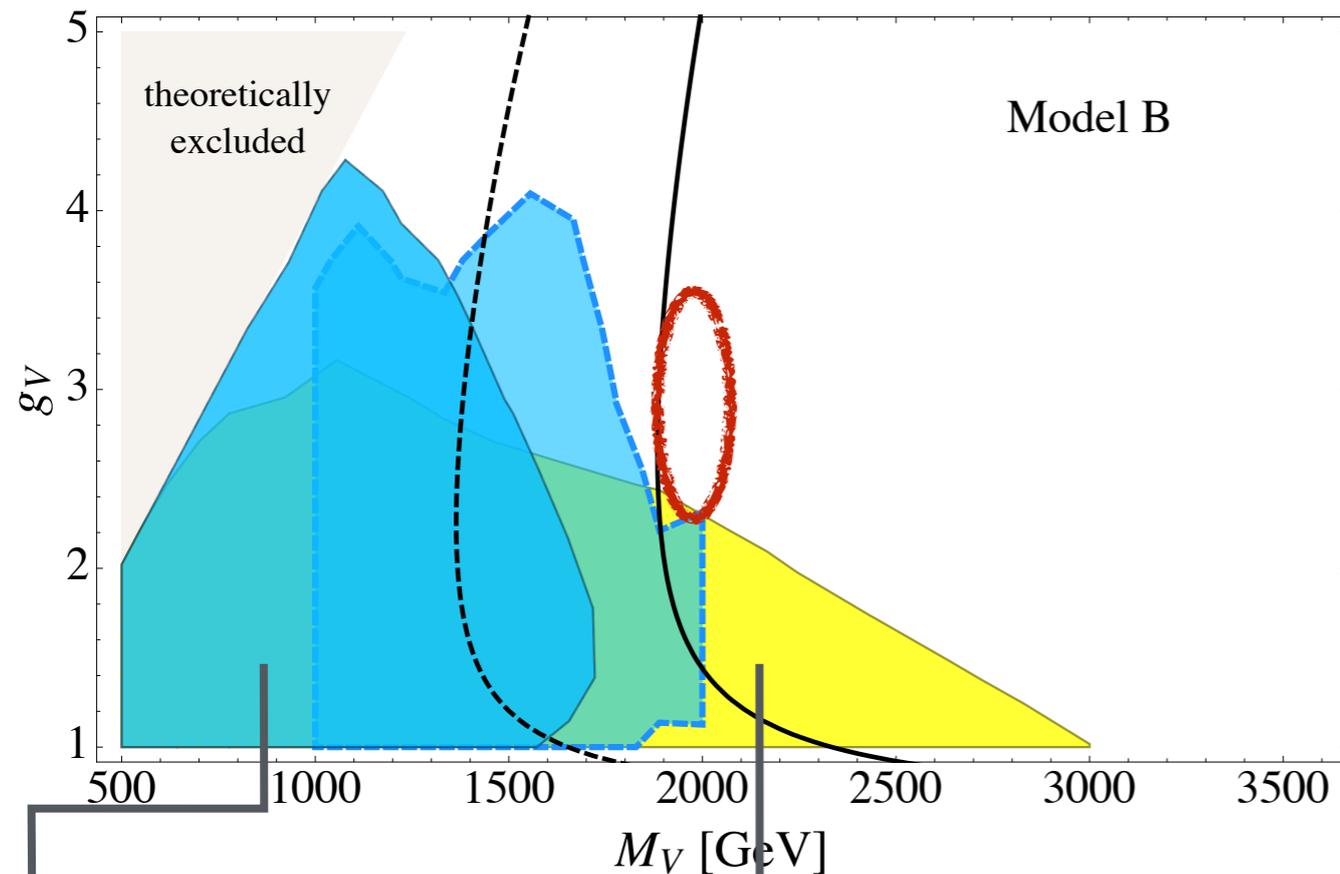
Eccessi (correlati) anche con  
selezioni ottimizzate per  $WW/ZZ$



# What IF Di-Boson?

Chiara (non unica) interpretazione BSM: risonanza di settore **strongly-coupled** responsabile per **EWSB**

Esempio: **tripletto di spin uno** [  $\sim$  Technicolor  $\rho$  ]



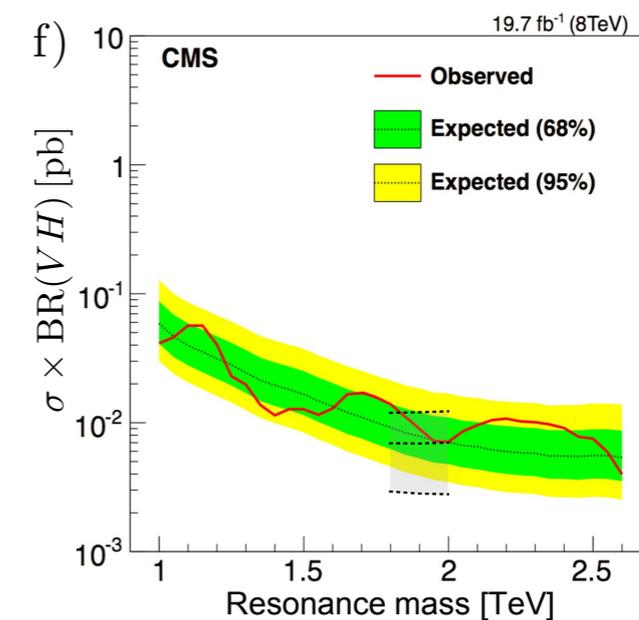
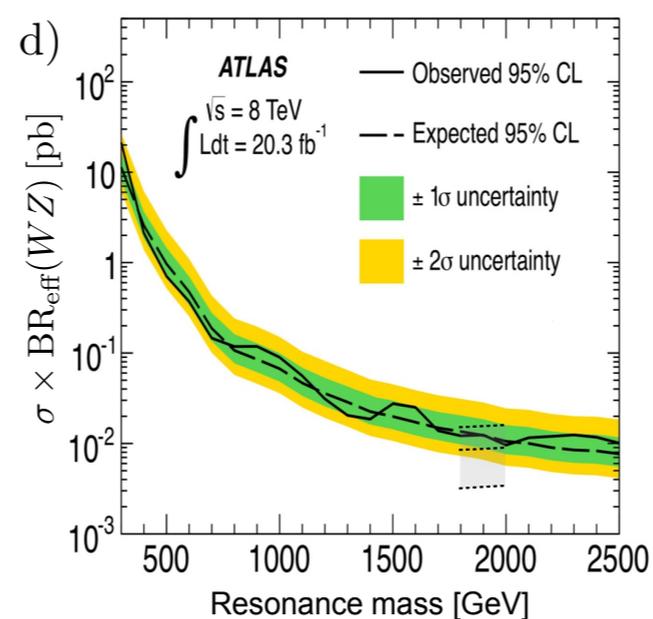
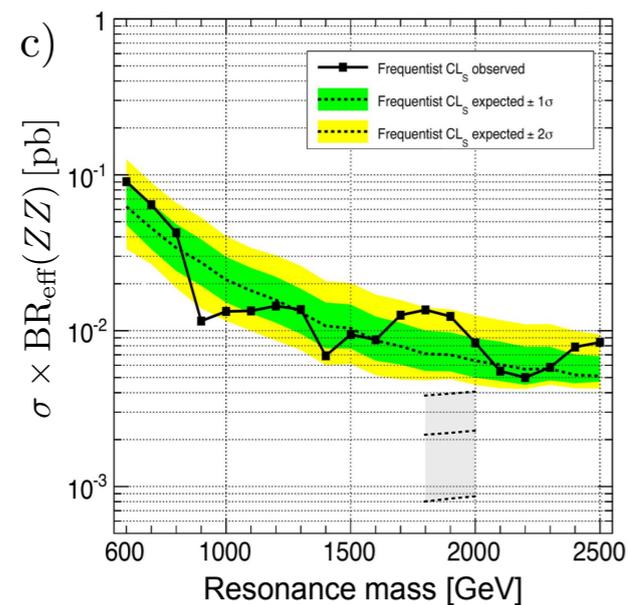
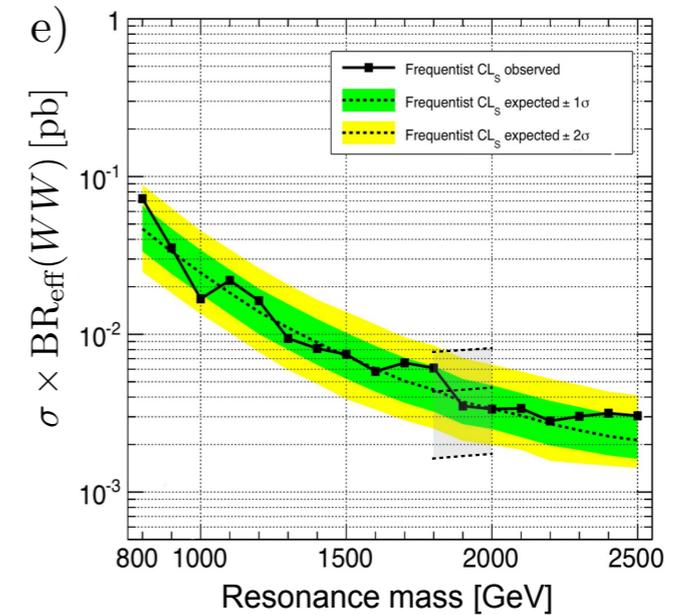
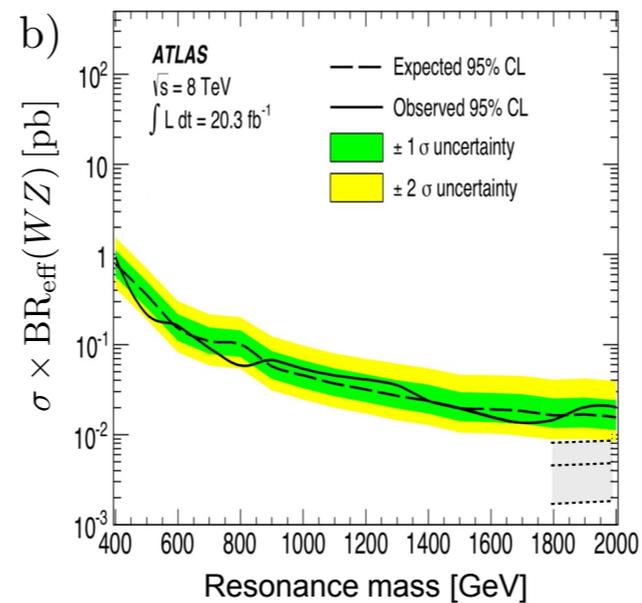
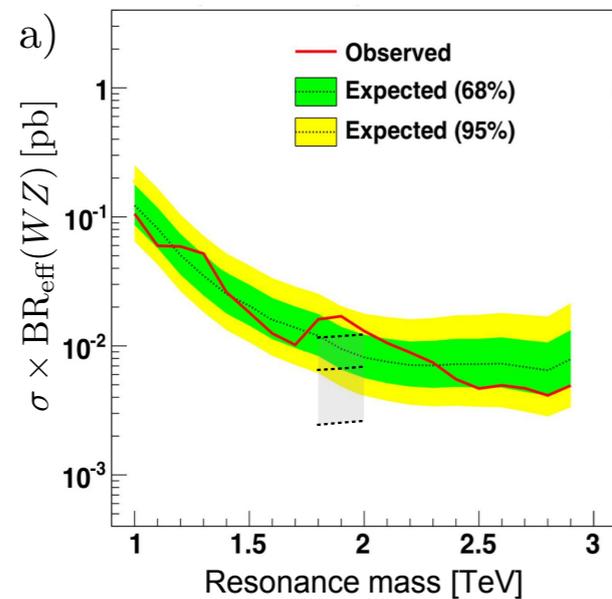
limiti da  $\rho \rightarrow VV$

limiti da  $\rho \rightarrow ll$

Scenario precedentemente discusso in BSM@What Next.  
**Segnatura standard di CH**

# What IF Di-Boson?

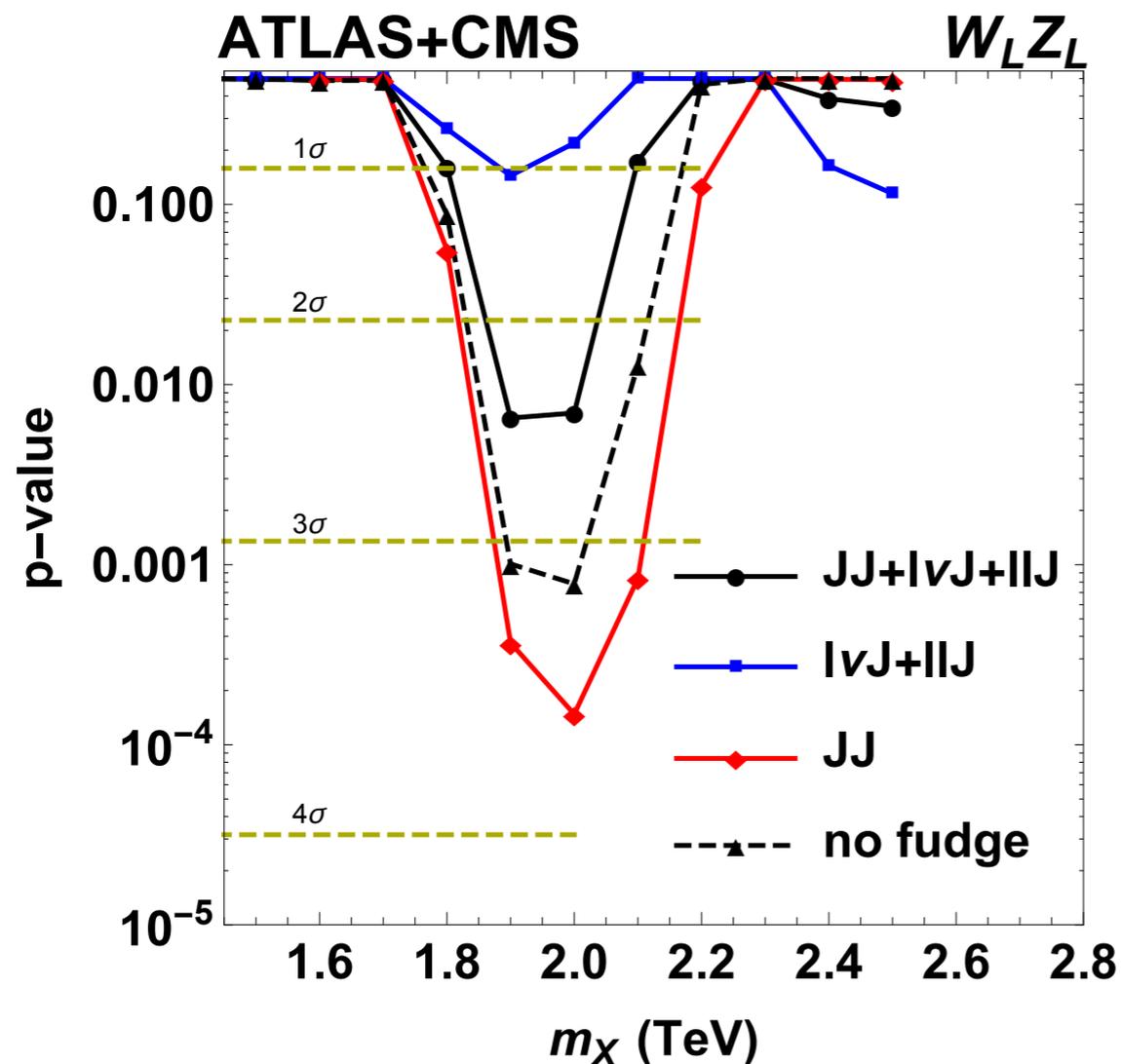
Ipotetico segnale compatibile con altre ricerche  
Responsabile per altri piccoli eccessi?



# What IF Di-Boson?

Ipotetico segnale compatibile con altre ricerche  
Responsabile per altri piccoli eccessi?

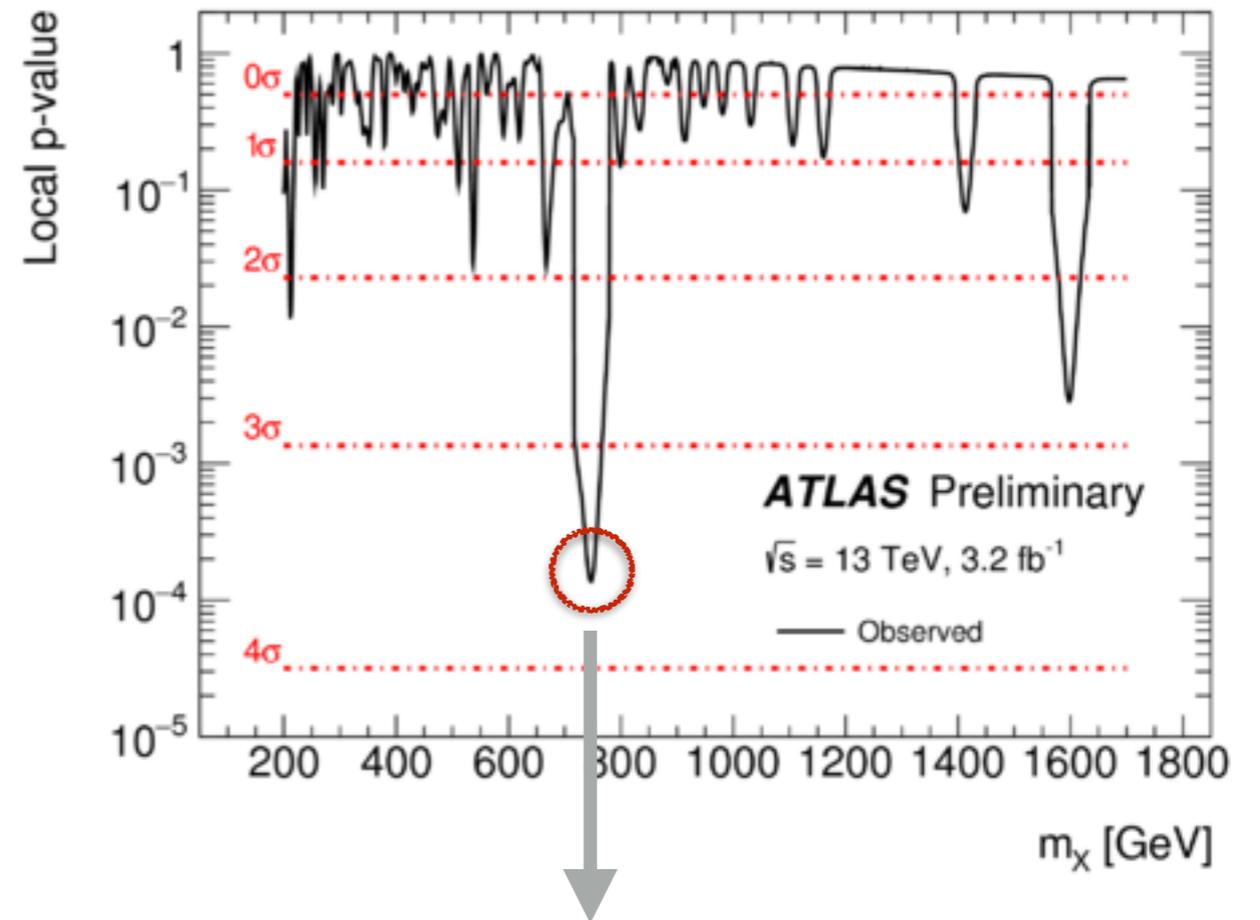
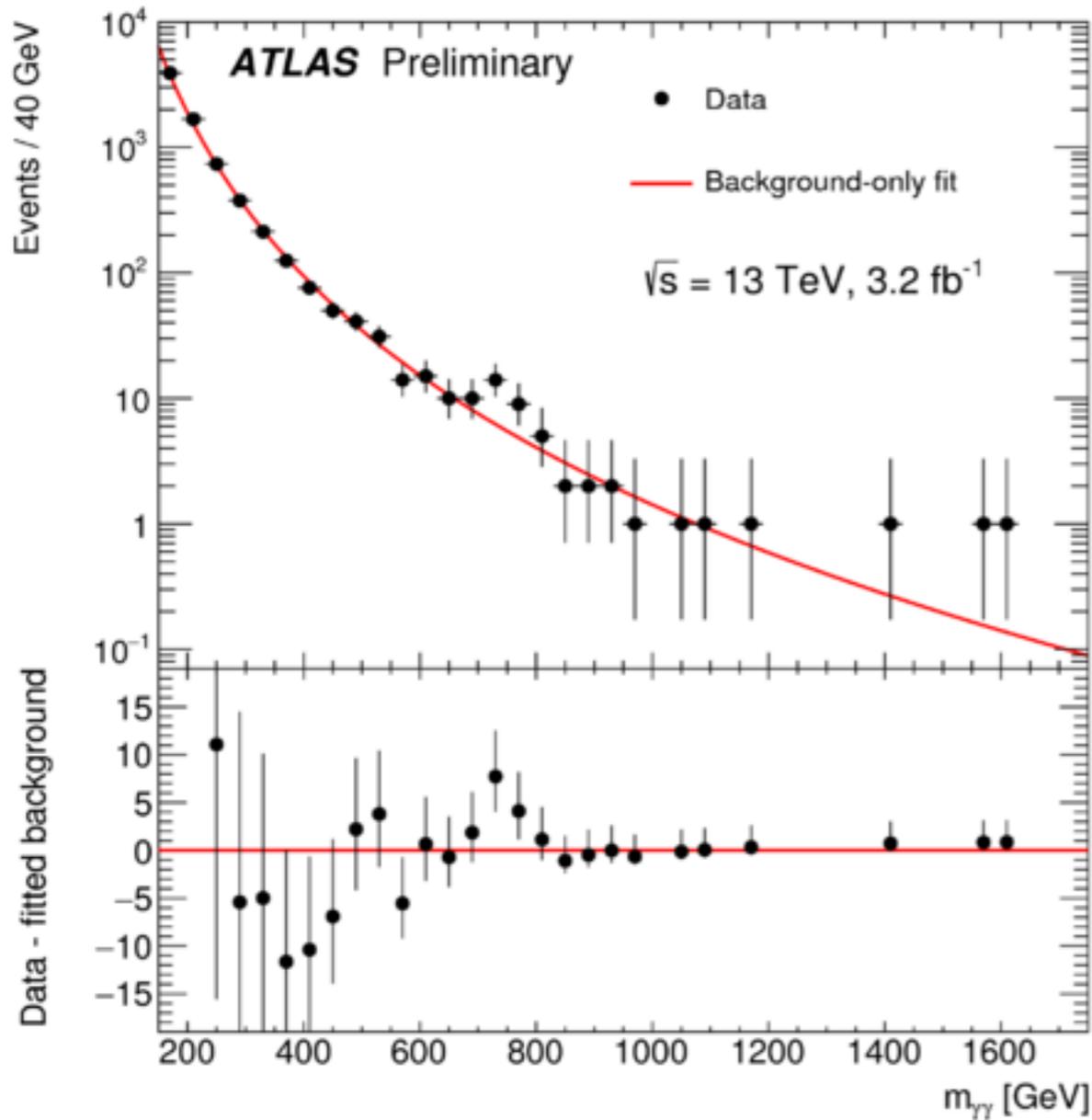
Combinazione (privata) di tutte le ricerche  $W_L Z_L$ :



Conferma/smentita da run-2 in pochi mesi

# What IF Di-Photon?

Bump in 2 fotoni a 750GeV coi primi dati di run-2



Significanza locale di 3.6  $\sigma$   
Significanza globale di 2.0  $\sigma$

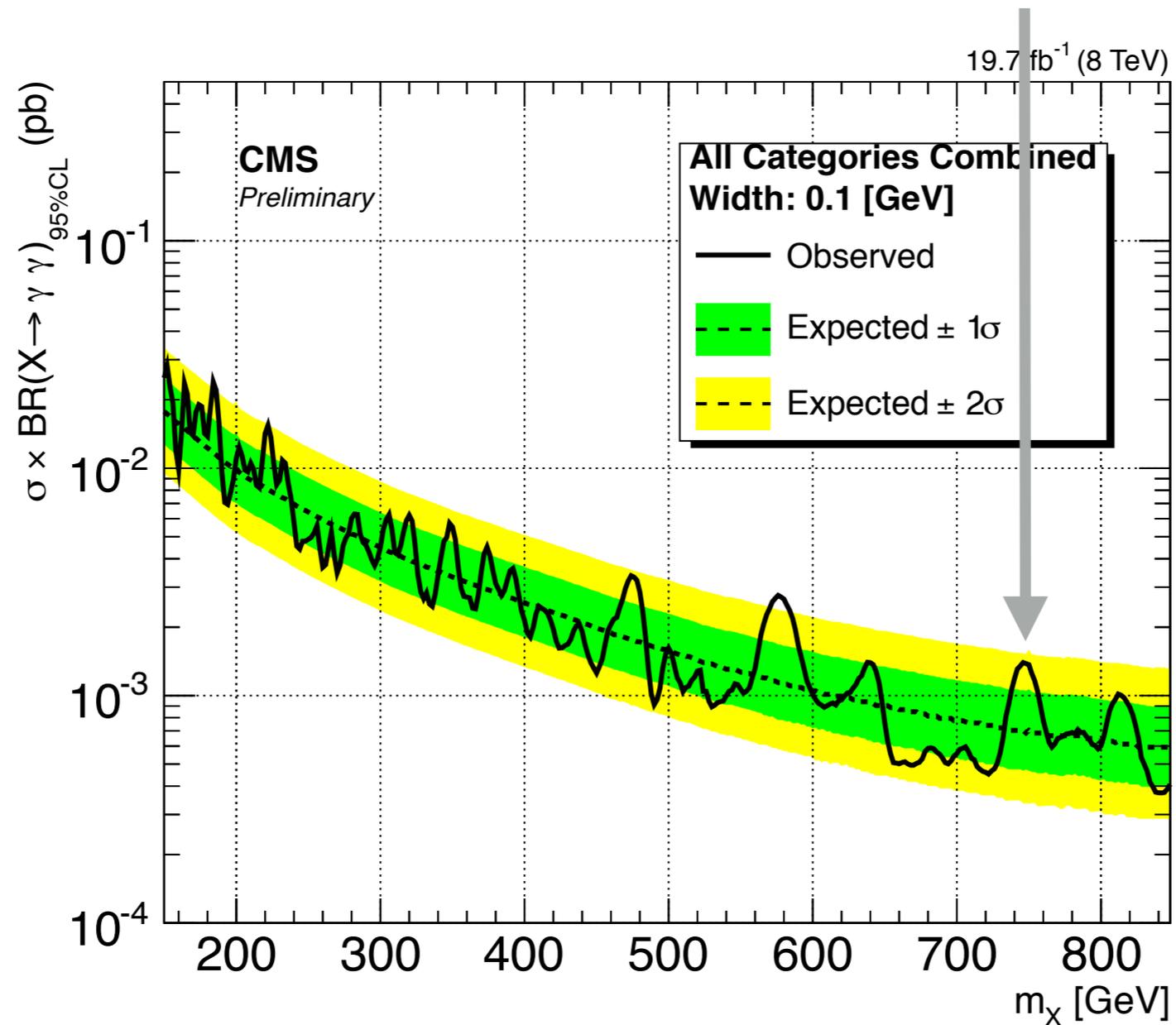
# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere?
2. Che può essere?
3. Se fosse, che altro ci sarebbe?

# What IF Di-Photon?

Limite più forte da CMS-8TeV, con piccolo eccesso

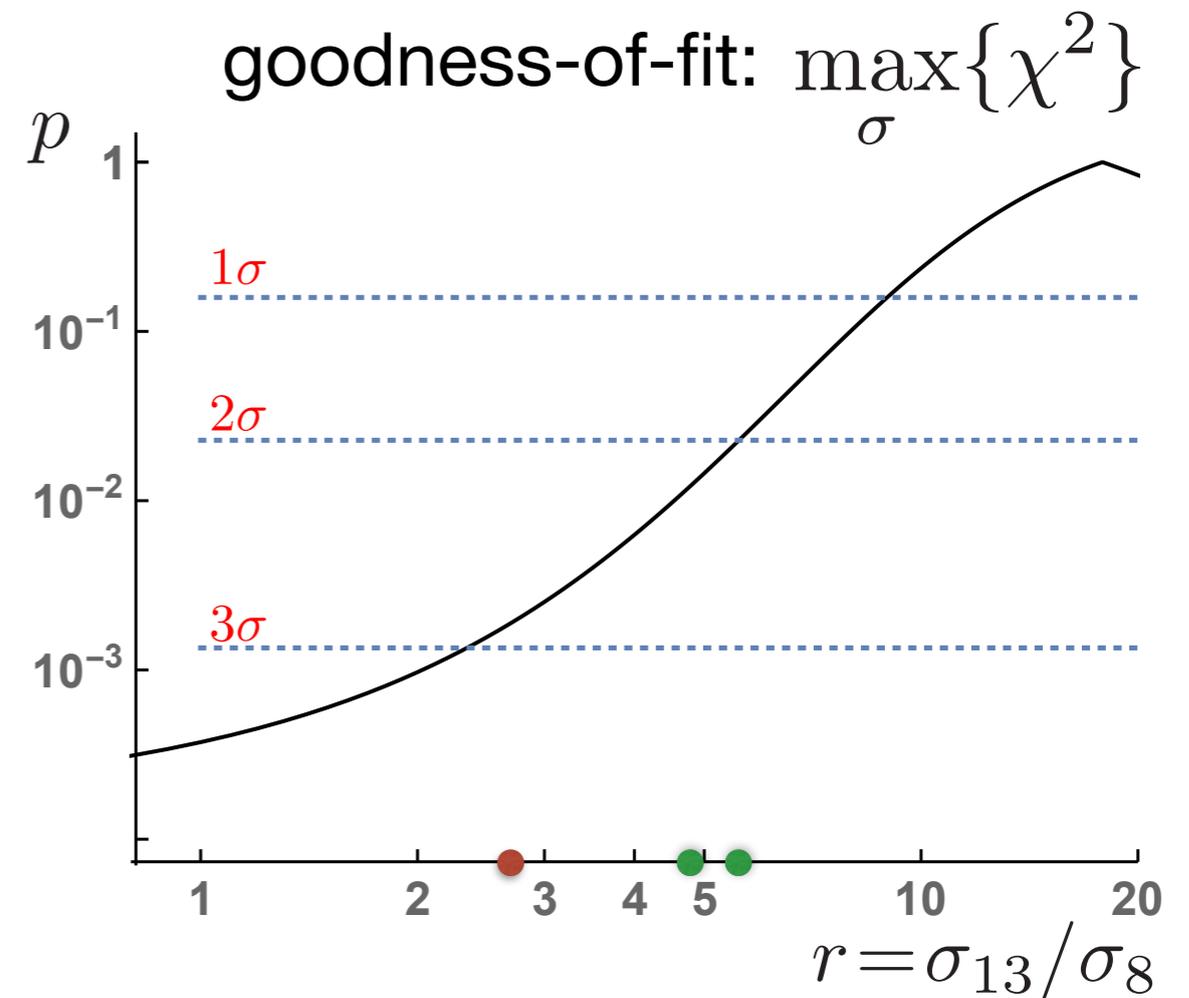
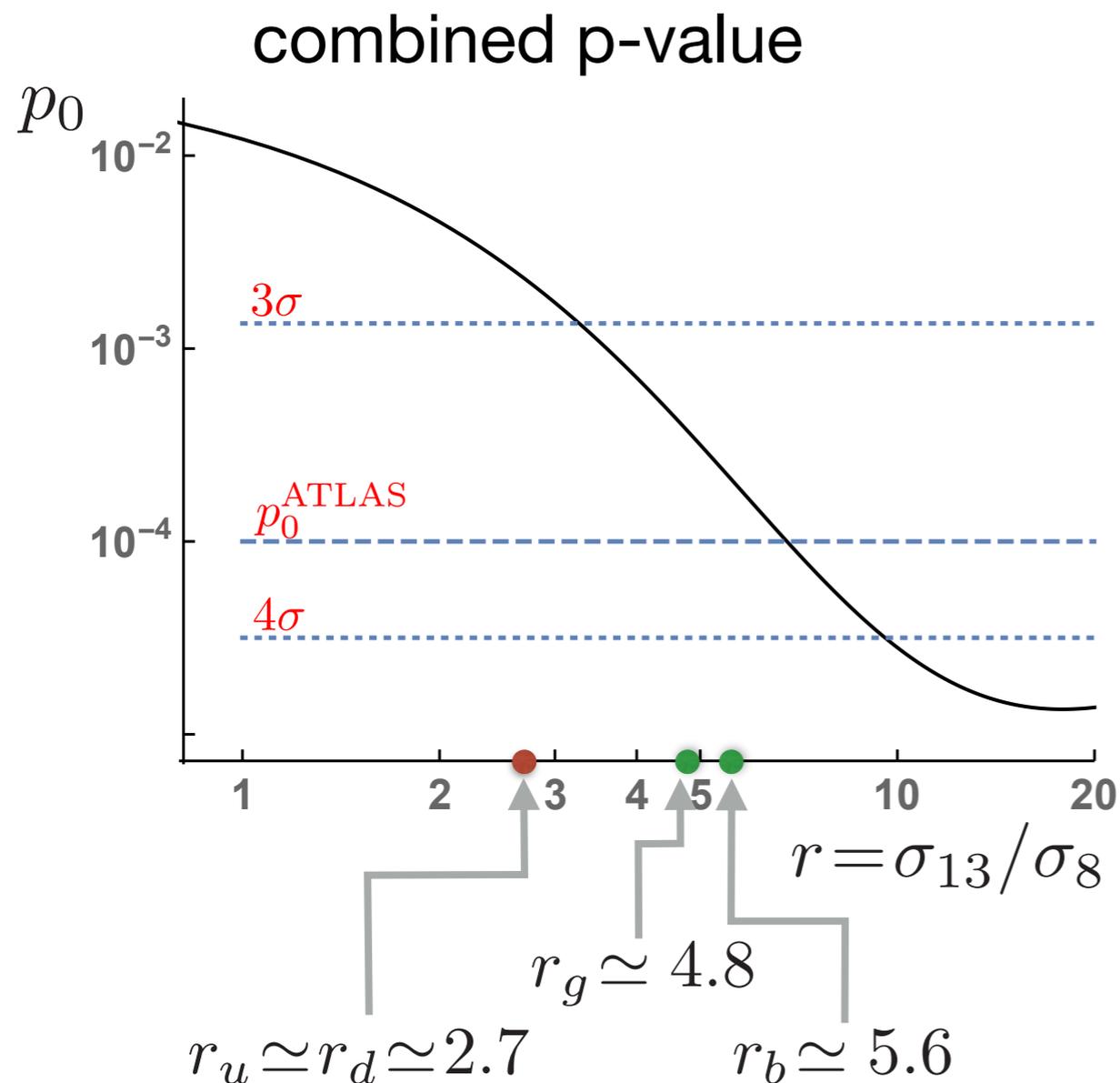


# What IF Di-Photon?

Limite più forte da CMS-8TeV, con piccolo eccesso

Likelihoods (Gaussiane) ricostruite da dati pubblici (p0 + limite)

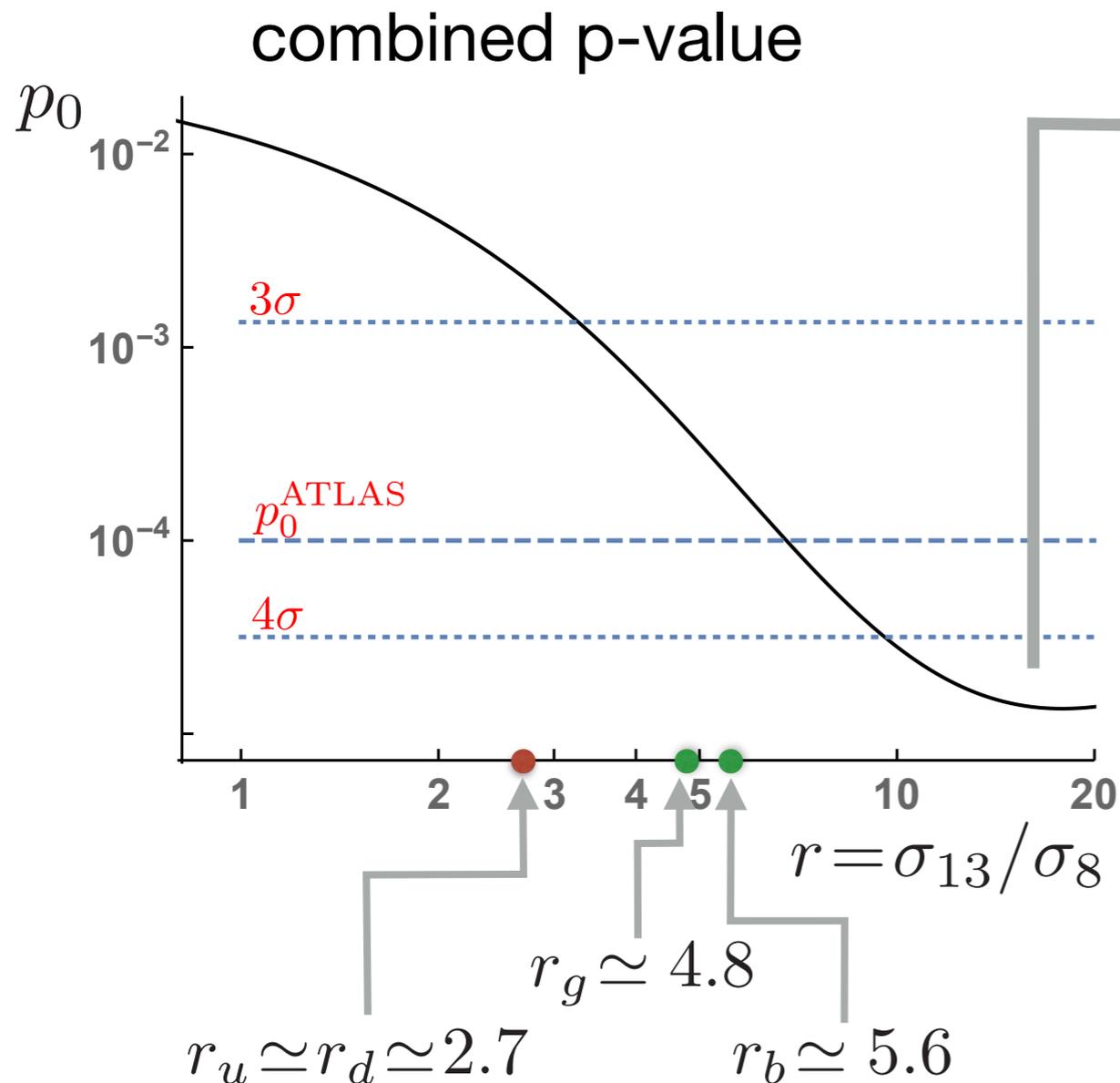
Possibile “combinare” ATLAS13 con CMS8



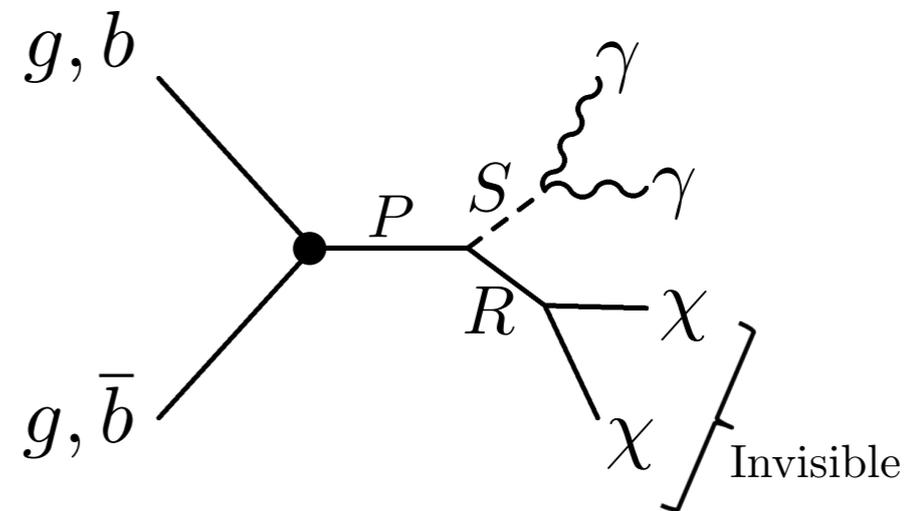
$p_0 \sim$  invariato per produzione g/b  
 produzione u/d in tensione a  $3\sigma$   
 tensione a  $2\sigma$  per g/b

# What IF Di-Photon?

Limite più forte da CMS-8TeV, con piccolo eccesso  
 Likelihoods (Gaussiane) ricostruite da dati pubblici (p0 + limite)  
 Possibile “combinare” ATLAS13 con CMS8



Segnala produzione da decadimento di oggetto pesante?

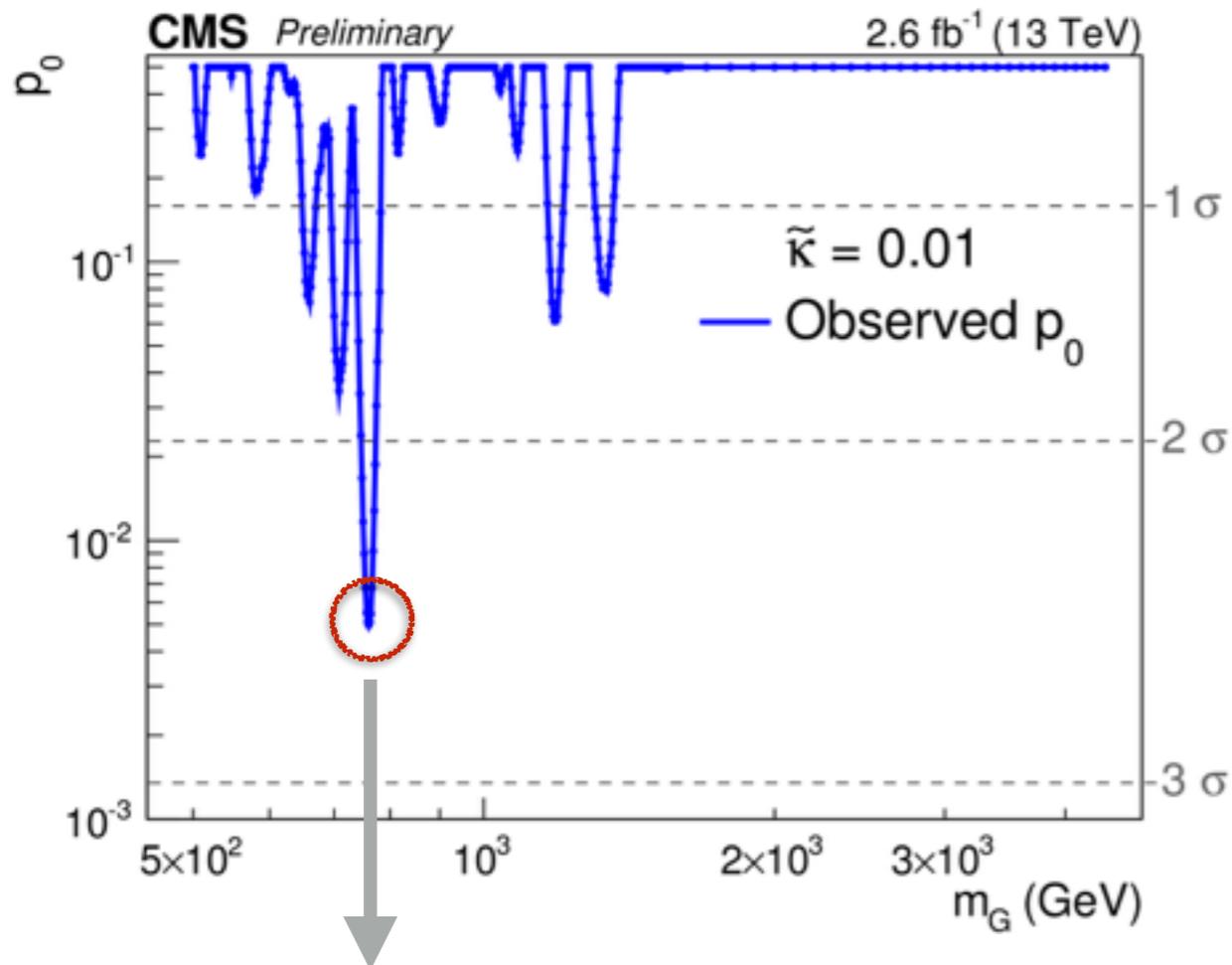


Difficile. In stato finale solo  $\gamma\gamma$   
 Inoltre, CMS13 migliora compatibilità  
 produzione u/b in tensione a  $3\sigma$   
 tensione a  $2\sigma$  per g/b



# What IF Di-Photon?

CMS13: bump a stessa massa, ma meno significanza



Significanza locale di  $2.6 \sigma$

Significanza globale di  $1.2 \sigma$

Segnale più debole, migliora  
compatibilità complessiva [ $\sim 1.5 \sigma$ ]

$$\sigma_{\text{fit}} \simeq 5 \text{ fb}$$

Attendiamo nuovi dati. Altri canali  
garantiti:  $Z\gamma$  e/o  $WW$  e/o  $ZZ$

# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**

# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**
2. Che può essere?

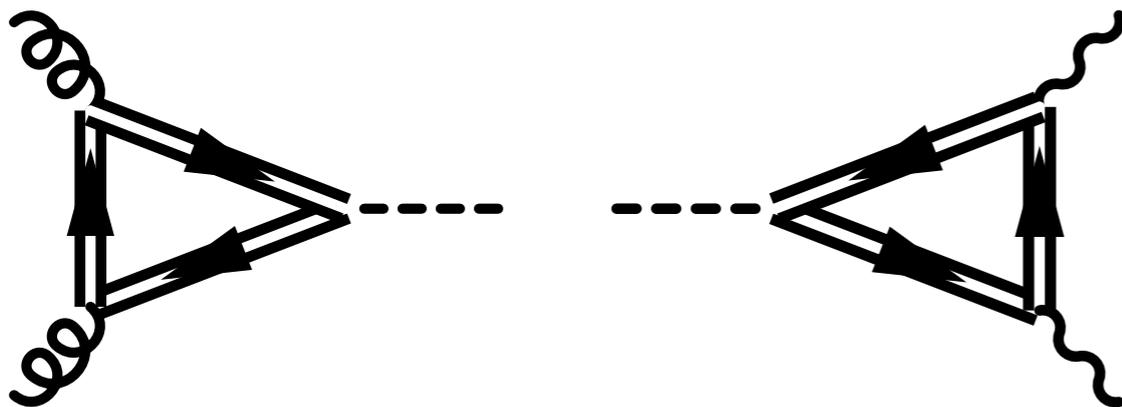
# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**
2. Che può essere? Di tutto

Esempio **weakly-coupled**:

Singoletto scalare più fermione  
vector-like colorato  $M \sim \text{TeV}$  e  $Y=1$



Esempio **strongly-coupled**:

Risonanza scalare in modelli di  
Composite Higgs

Potrebbe essere un Goldstone nel  
multipletto dell'Higgs!

# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**

2. Che può essere? Di tutto, ma **non** può essere **da solo**

Se fosse accoppiato solo tramite loop di SM ...

$$\Gamma_{\gamma\gamma} = \text{[triangle loop diagram]} \ll \text{[tree-level vertex diagram]} = \Gamma_{\text{SM SM}}$$

... molto più segnale, non visto, atteso in altri canali

# What IF Di-Photon?

Dor

1

2

Se fo

final state $f$	$\sigma$ at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$			implied bound on $\Gamma(S \rightarrow f)/\Gamma(S \rightarrow \gamma\gamma)_{\text{obs}}$
	observed	expected	ref.	
$\gamma\gamma$	$< 1.5 \text{ fb}$	$< 1.1 \text{ fb}$	[6, 7]	$< 0.8 (r/5)$
$e^+e^- + \mu^+\mu^-$	$< 1.2 \text{ fb}$	$< 1.2 \text{ fb}$	[8]	$< 0.6 (r/5)$
$\tau^+\tau^-$	$< 12 \text{ fb}$	$< 15 \text{ fb}$	[9]	$< 6 (r/5)$
$Z\gamma$	$< 4.0 \text{ fb}$	$< 3.4 \text{ fb}$	[10]	$< 2 (r/5)$
$ZZ$	$< 12 \text{ fb}$	$< 20 \text{ fb}$	[11]	$< 6 (r/5)$
$Zh$	$< 19 \text{ fb}$	$< 28 \text{ fb}$	[12]	$< 10 (r/5)$
$hh$	$< 39 \text{ fb}$	$< 42 \text{ fb}$	[13]	$< 20 (r/5)$
$W^+W^-$	$< 40 \text{ fb}$	$< 70 \text{ fb}$	[14, 15]	$< 20 (r/5)$
$t\bar{t}$	$< 550 \text{ fb}$	-	[16]	$< 300 (r/5)$
invisible	$< 0.8 \text{ pb}$	-	[17]	$< 400 (r/5)$
$b\bar{b}$	$\lesssim 1 \text{ pb}$	$\lesssim 1 \text{ pb}$	[18]	$< 500 (r/5)$
$jj$	$\lesssim 2.5 \text{ pb}$	-	[5]	$< 1300 (r/5)$

solo

M

... molto più segnale, non visto, atteso in altri canali

# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**

2. Che può essere? Di tutto, ma **non** può essere **da solo**

3. Se fosse, che altro ci sarebbe?

# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**

2. Che può essere? Di tutto, ma **non può essere da solo**

3. Se fosse, che altro ci sarebbe? **Un nuovo settore!**



# What IF Di-Photon?

Domande:

1. Può essere? **Si**

2. Che può essere? Di tutto, ma **non può essere da solo**

3. Se fosse, che altro ci sarebbe? **Un nuovo settore!**

4. Perché non ci avete pensato prima?

# Conclusioni

Reali o meno, analisi eccessi rivela che:

- Scoperte **possibili** a run-2
- Piccolo salto in **energia** = grande progresso in **esplorazione**
- Tanto lavoro da fare!

# Conclusioni

Reali o meno, analisi eccessi rivela che:

- Scoperte **possibili** a run-2
- Piccolo salto in **energia** = grande progresso in **esplorazione**
- Tanto lavoro da fare!

*“Learn from yesterday, live for today,  
hope for tomorrow.*

*The important thing is not to stop questioning”*

-A.Einstein

# Conclusioni

Reali o meno, analisi eccessi rivela che:

- Scoperte **possibili** a run-2
- Piccolo salto in **energia** = grande progresso in **esplorazione**
- Tanto lavoro da fare!

Se si trasformassero in **scoperte**:

- Non saranno soli [nuovi No-Lose Theorems], **garanzia** di altre scoperte
- Nuovo layer di Fisica Fondamentale alla nostra portata
- LHC, HL-LHC sufficienti solo per **prima caratterizzazione**
- **Future Colliders** saranno **strada obbligata**