

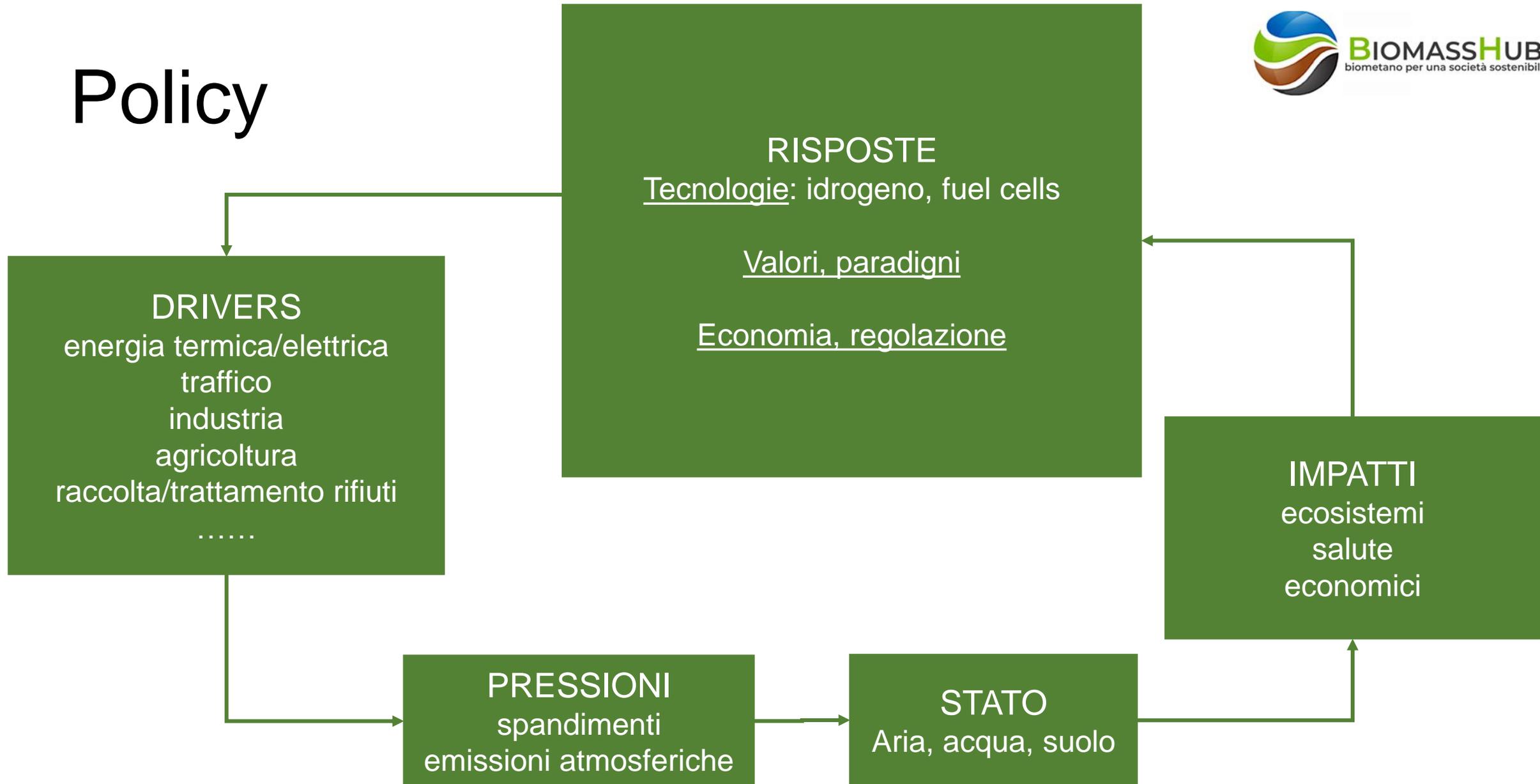
IL PROGETTO BIOMASS HUB PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA E L'ECONOMIA CIRCOLARE IN LOMBARDIA

17 ottobre 2022 | Sala Pirelli, Milano

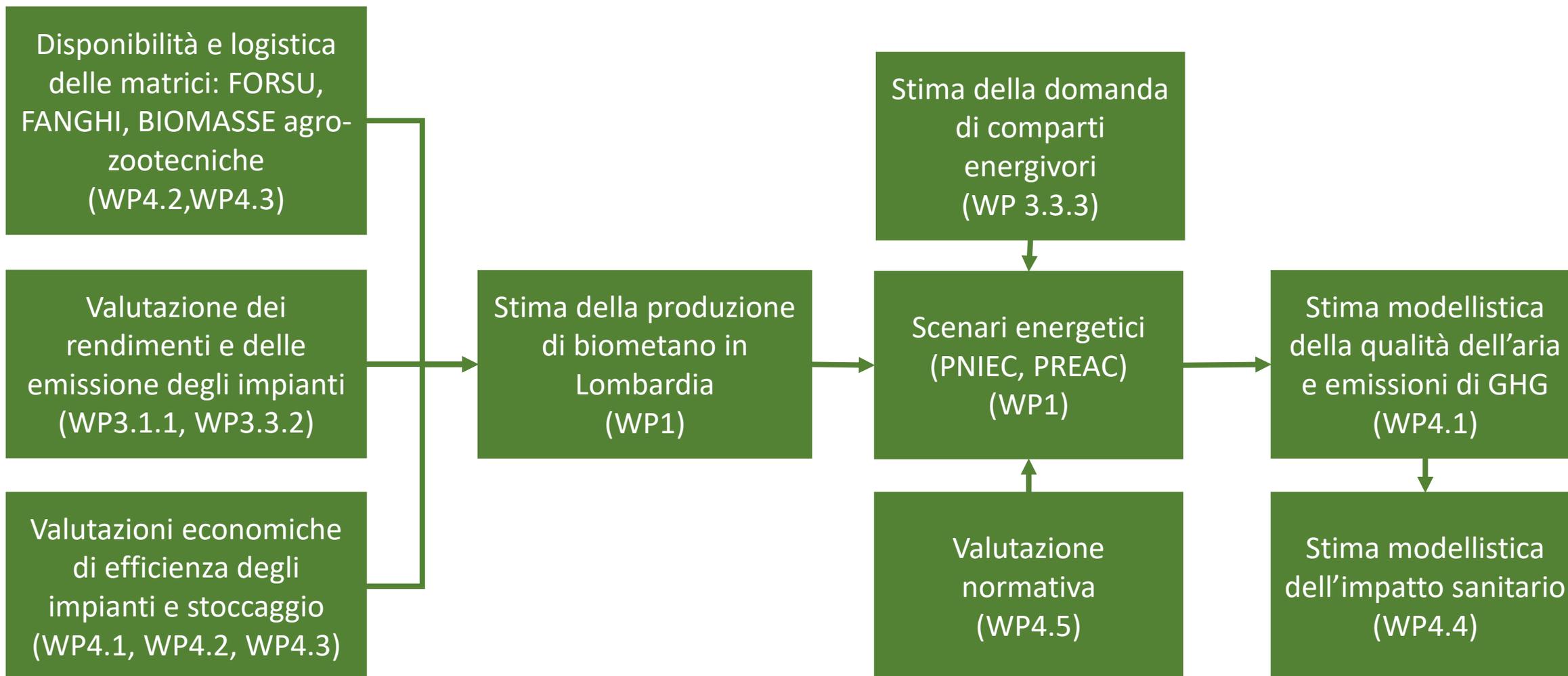
Scenari energetici Strumenti a supporto della policy

M. Gadola, M. Volta
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale
Università degli Studi di Brescia

Policy



Strumenti a supporto della policy



Valutazione dei rendimenti e delle emissioni degli impianti



JB
nibile

#ID	1	2	3
Stato impianto	REALE, Funzionante	PROGETTO, Autorizzato, da realizzare	PROGETTO, Digestione funzionante, upgrading autorizzato da realizzare
Tipologia impianto upgrading	separazione a membrane	separazione a membrane	lavaggio ad acqua ad alta pressione
Biomassa in ingresso	BIOMASSE AGRICOLE e liquami zootecnici t/a 52.444	FORSU, sottoprodotti lignocellulosici t/a 52.400	FANGHI, FORSU (EER 191212) t/a 120.000
Resa digestione anaerobica	Nm ³ /t 186,20	Nm ³ /t 171,5	Nm ³ /t 50,6
Biogas all'upgrading	Nm ³ /a 6.805.849 Nm ³ /h 795	Nm ³ /a 6.722.223 Nm ³ /h 767,4	Nm ³ /a 2.507.500 Nm ³ /h 295
Produzione di biometano	Sm ³ /a 3.993.948 Sm ³ /h 466,5	Sm ³ /a 4.033.334 Sm ³ /h 474,5	Sm ³ /a 1.667.797 Sm ³ /h 115
Efficienza upgrading	98%	92%	96%
Consumo specifico en. elettrica (upgrading)	kWh/Nm ³ biogas 0,269	kWh/Nm ³ biogas 0,316	kWh/Nm ³ biogas 0,3
Caratteristiche del biogas	CH ₄ % mol 56,1 CO ₂ % mol 42,8	CH ₄ % mol 55÷65 CO ₂ % mol 35÷45	CH ₄ 59,2%
Caratteristiche del biometano	CH ₄ % mol 98,2 CO ₂ % mol 1,2 N ₂ % mol 0,6	CH ₄ % mol ≥97,5 CO ₂ % mol 0,5 N ₂ % mol ≤1	CH ₄ > 98%
Emissioni (offgas)	Offgas, Portata (dry) Nm ³ /a 2.856.278 CO ₂ % 99,5 O ₂ % 0,1 CH ₄ % 0,3 H ₂ S ppm 0,1	Offgas, Portata (dry) Nm ³ /a 3.060.000 CO ₂ % mol >98 O ₂ % mol < 1 CH ₄ % mol < 1 H ₂ S % v/v ≤ 0,1	Offgas CO ₂ Nm ³ /a 926.500

Valutazioni economiche: impianti e stoccaggio

Analisi di sensitività dei costi di stoccaggio del gas

CASI		prezzo stoccaggio €/m ³ *trimestre							
		0	0,025	0,03125	0,034375	0,0375	0,04925	0,05	0,1
rapporto produzione/domanda	1	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
	2	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	1/2	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

$$CI = P * IB_U + ID + IP + P_{bm} * IBM_U$$

$$CF_a = n_l * CM_u + P * (CA_u + CM_u) + P_b m * (CA_{bm-u} + CM_{bm-u}) + CST_a + CD_a$$

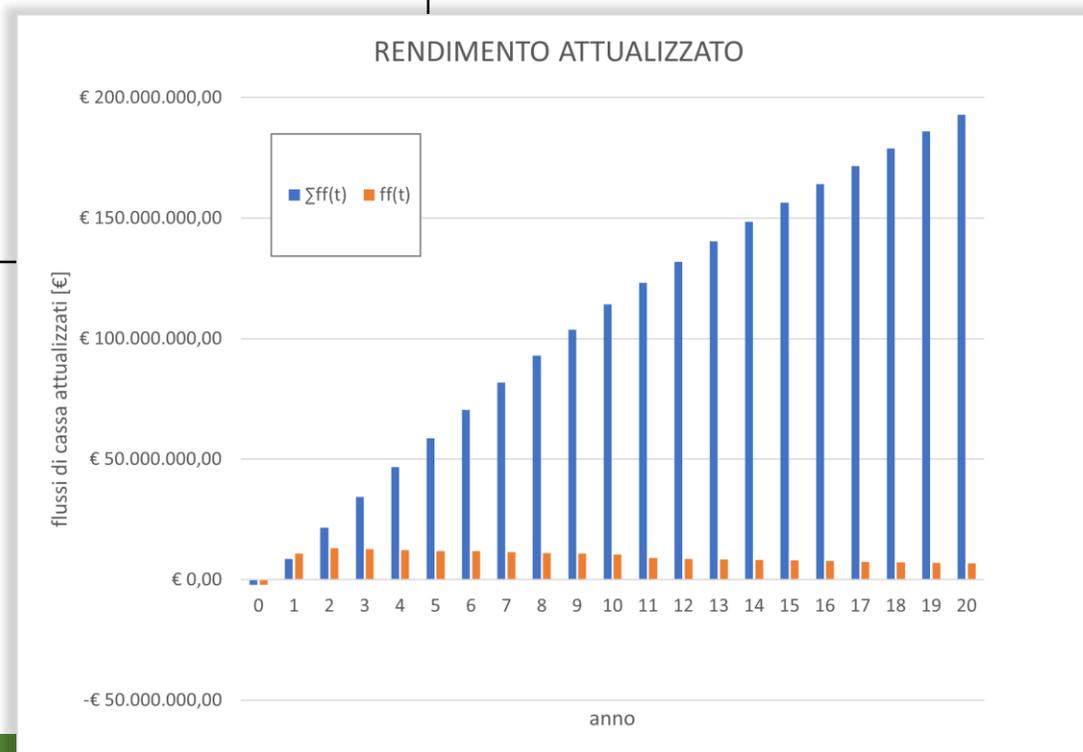
$$CV_a = \sum_{k=1}^4 \left(\frac{h}{4} * \frac{P}{c} * c_e * (CE_u + CE_{bm-u}) + P * \frac{CD_u}{4} + CB_i + Z_a * c_z \right)$$

$$RCO2_a = p_{CO2} * P * c * h * c_{CO2} * f_{CO2} * \eta_{CO2}$$

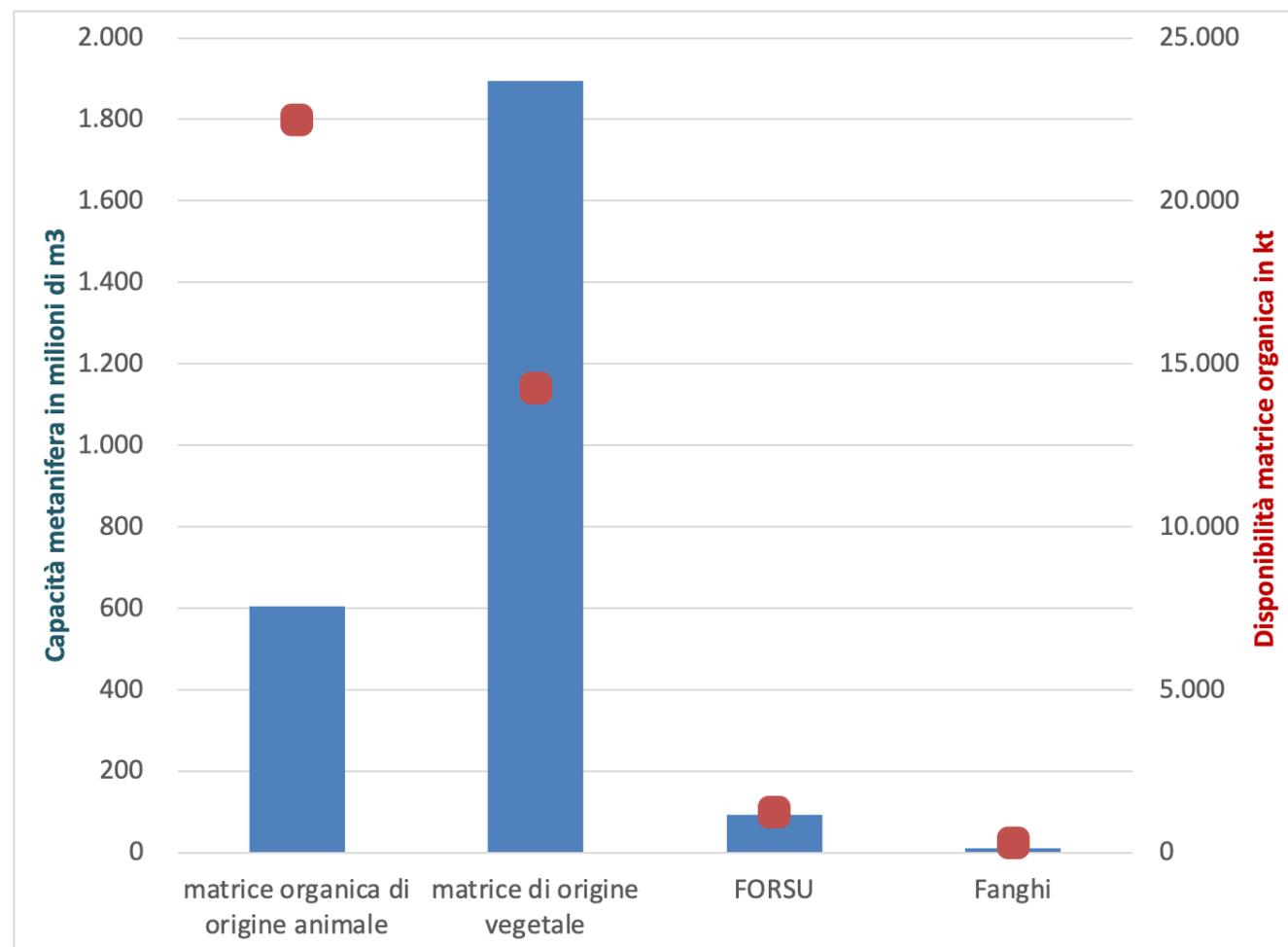
$$RE_a = (R_{CIC} + R_v) * P * h * c * f_{CH4} * (1 - p_{loss}) * \eta_{up} * \eta_{al}$$

Nella figura adiacente è possibile osservare l'analisi di un investimento in un impianto biogas a reflui zootecnici e scarti agricoli dotato di upgrader per la purificazione del gas a biometano di medio-grosse dimensioni:

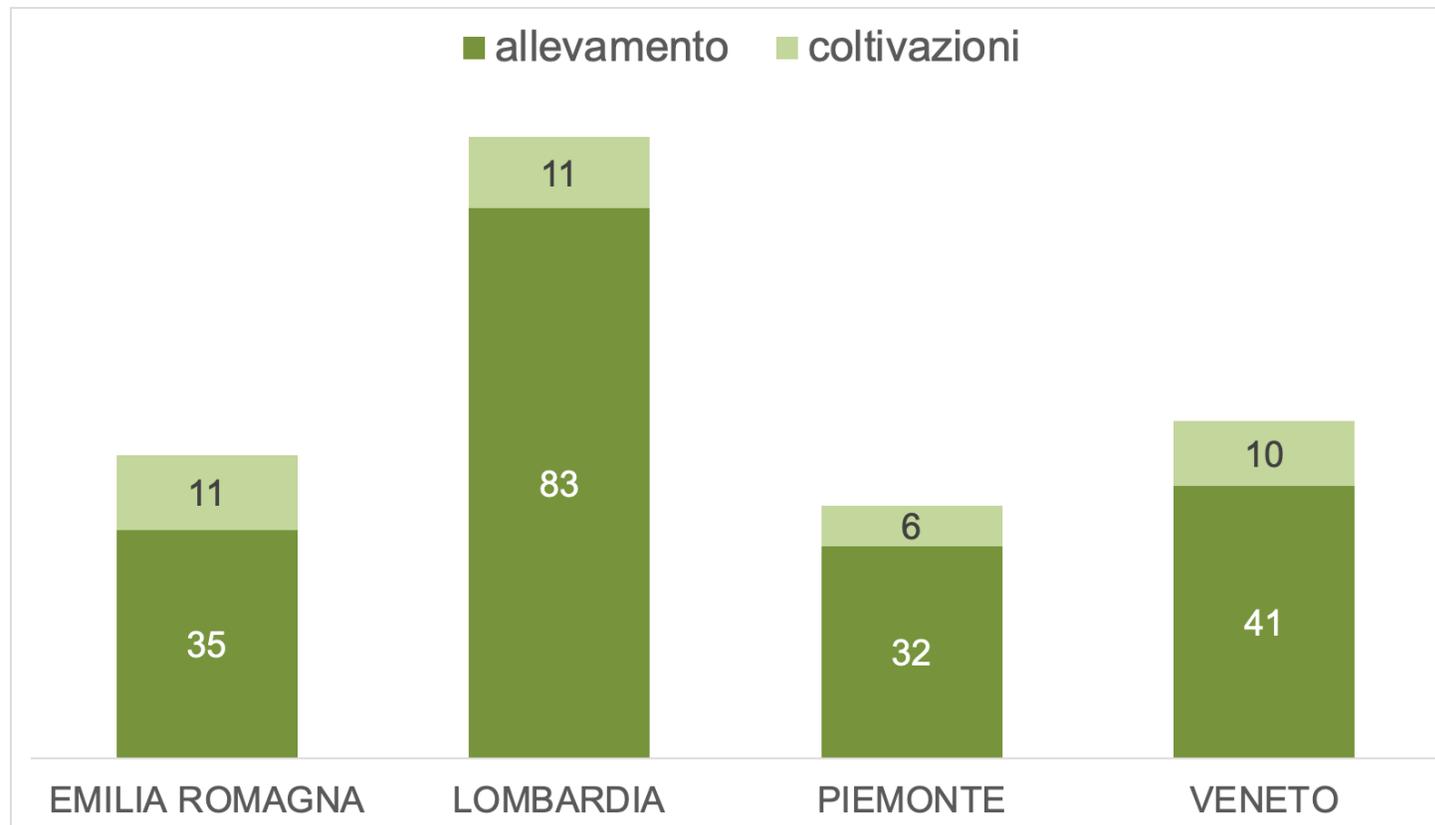
a causa del vertiginoso aumento del prezzo del metano, ad agosto 2022, l'investimento viene ripagato al primo anno ed il valore attuale netto a 20 anni è di decine di volte superiore rispetto agli anni precedenti



Stima della produzione biometano in Lombardia

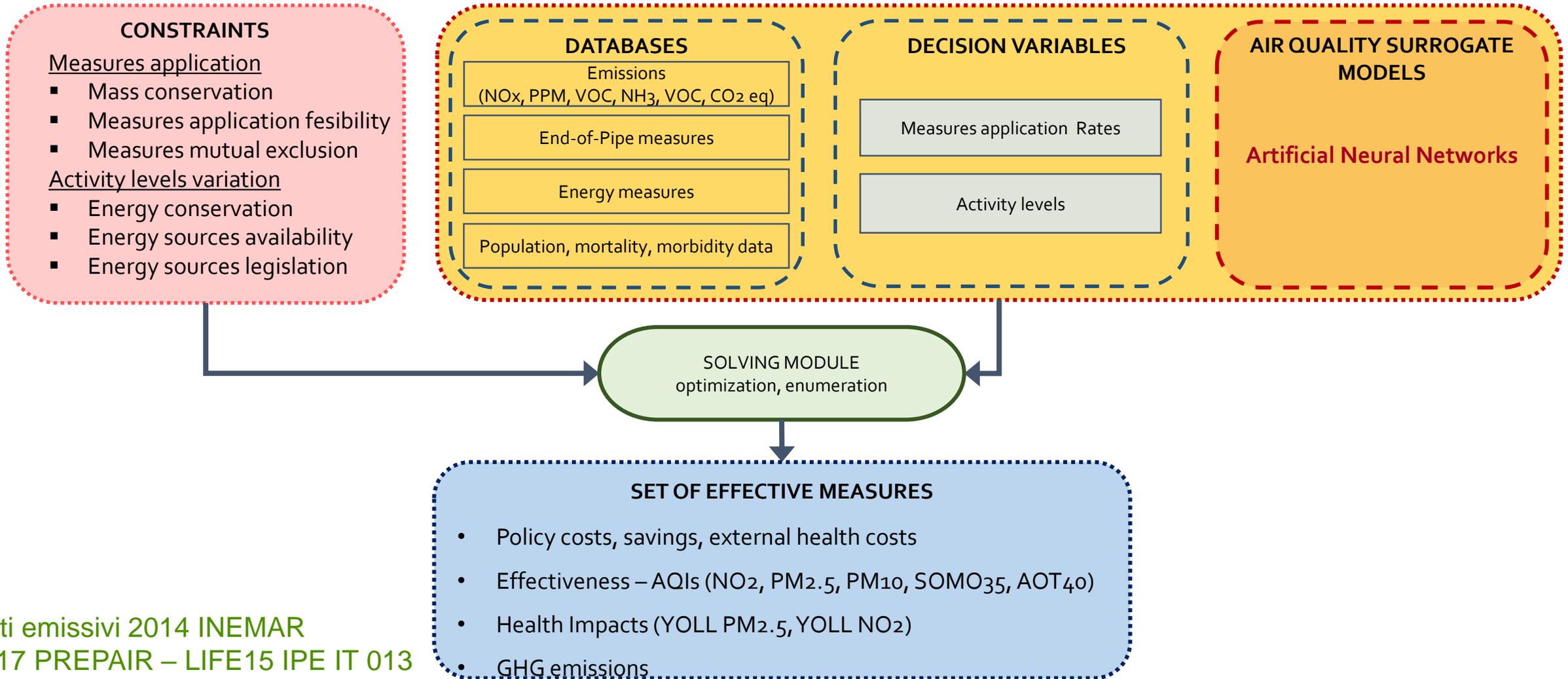


Emissioni di ammoniaca [kt]



Dati emissivi 2017
PREPAIR – LIFE15 IPE IT 013

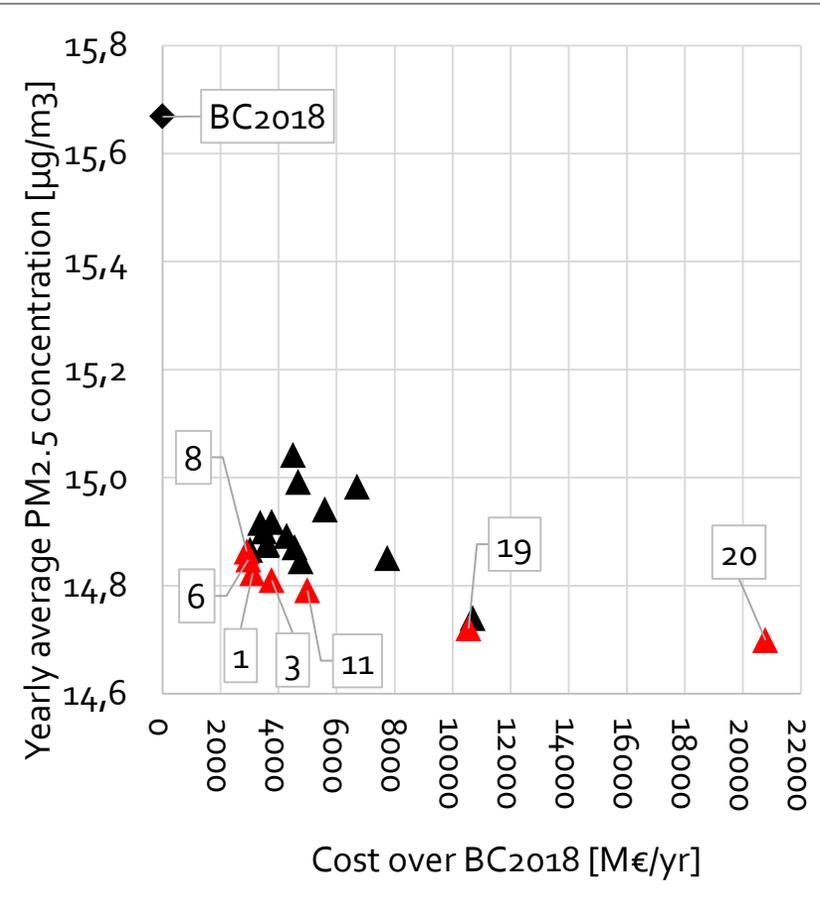
MAQ (Multi-dimensional Air Quality) System



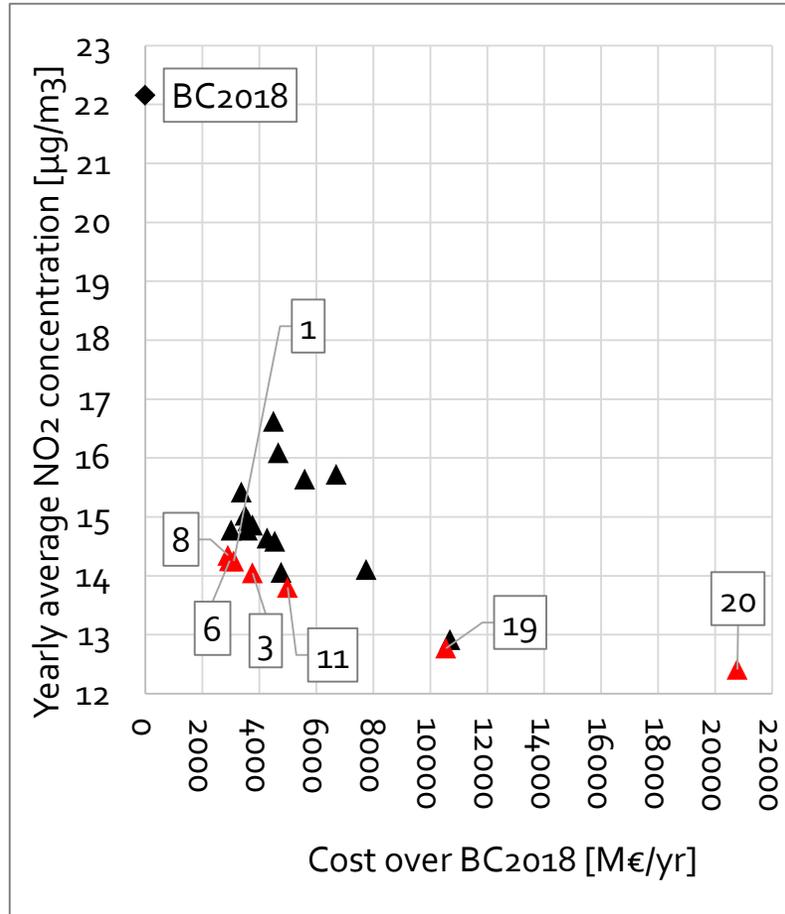
Dati emissivi 2014 INEMAR
2017 PREPAIR – LIFE15 IPE IT 013

Scenari energetici

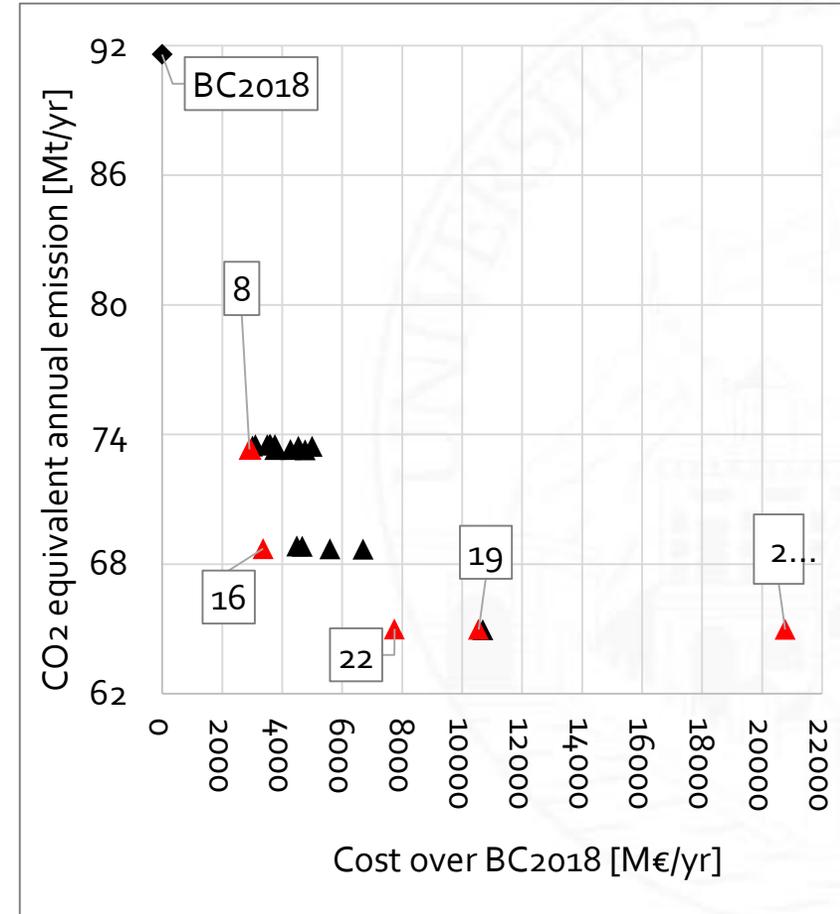
PM_{2.5}



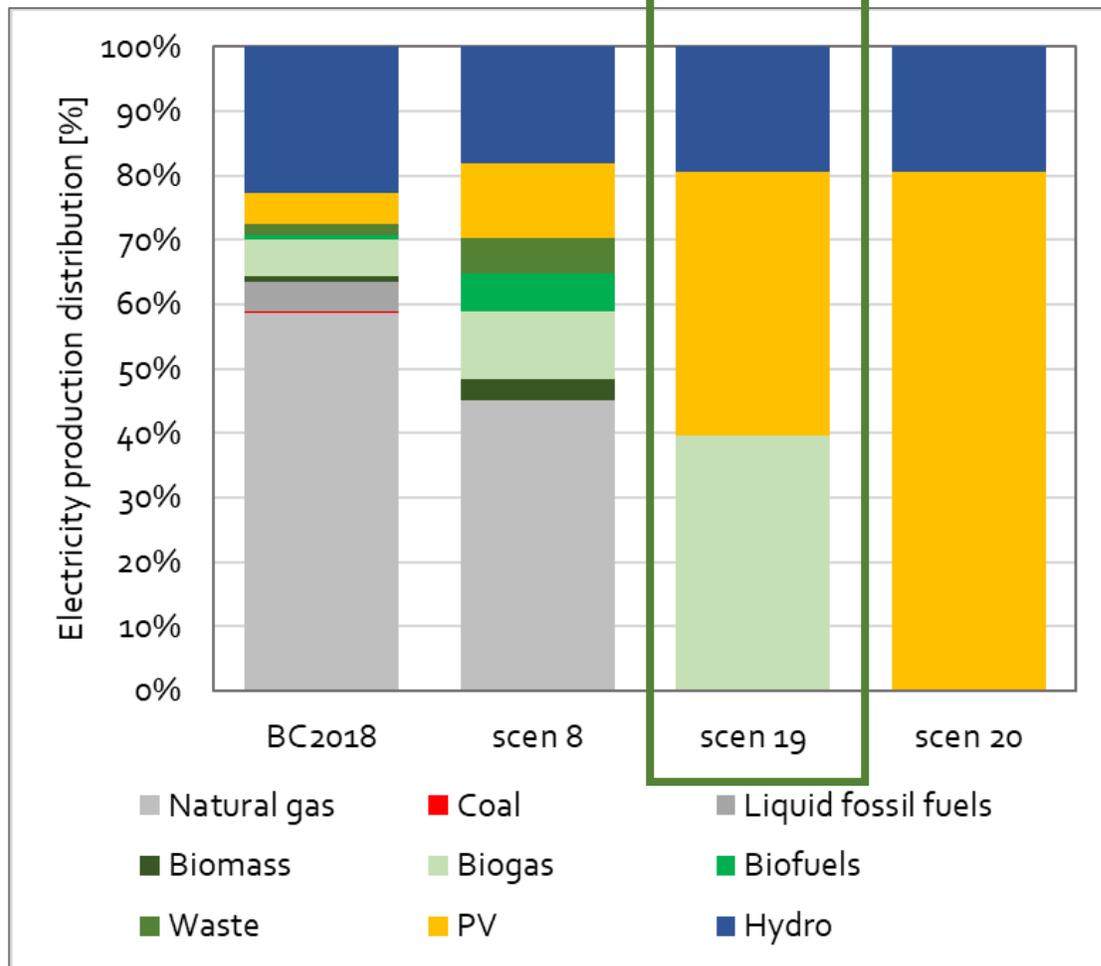
NO₂



CO₂ eq



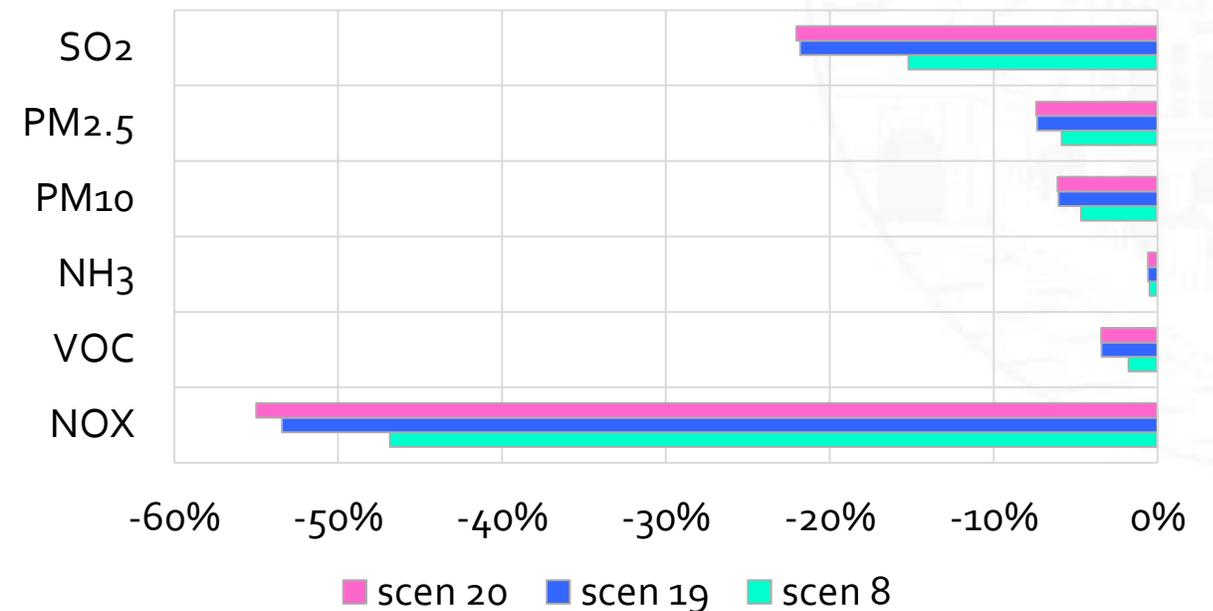
Produzione di energia

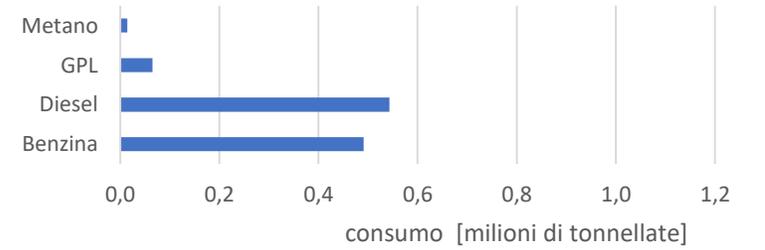
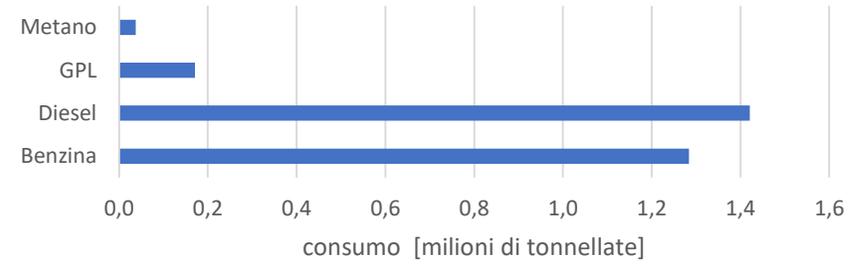
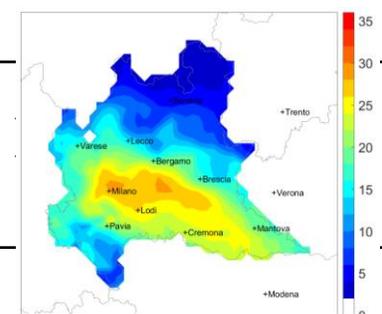
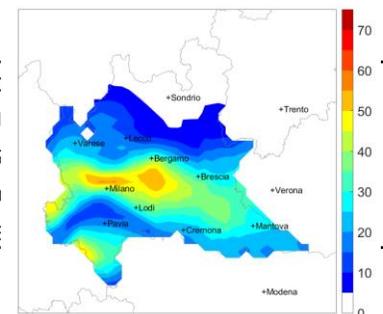
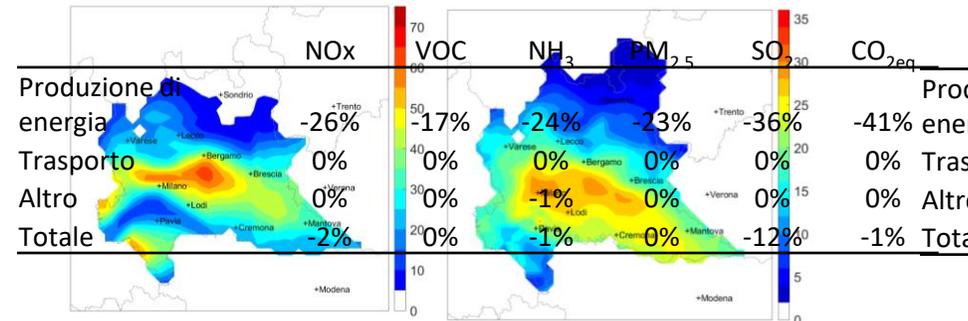
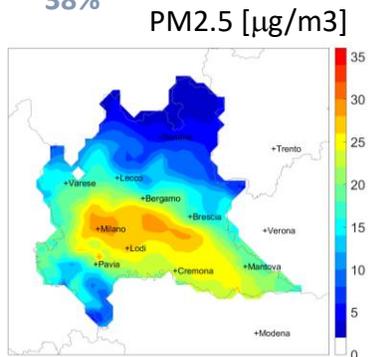
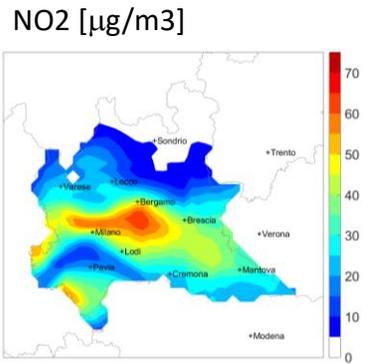
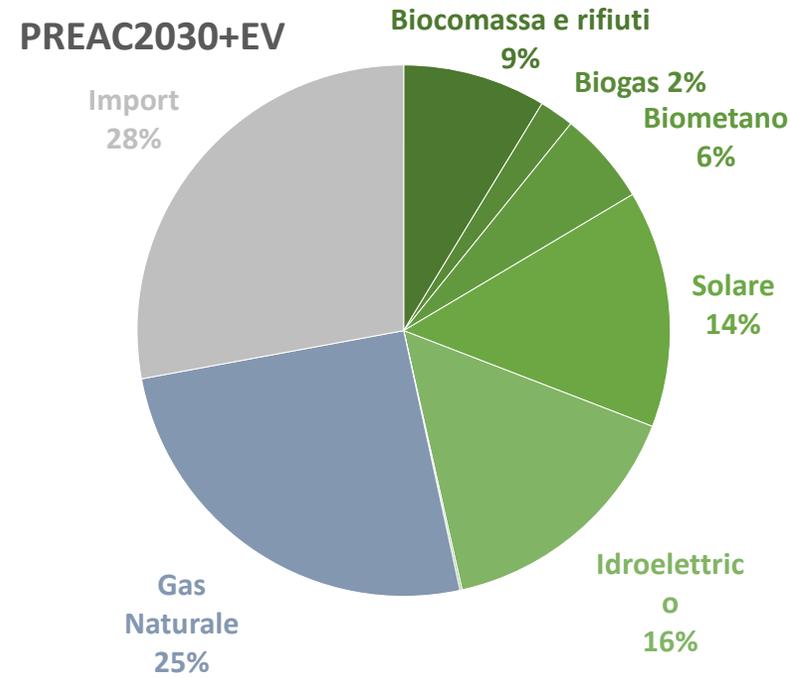
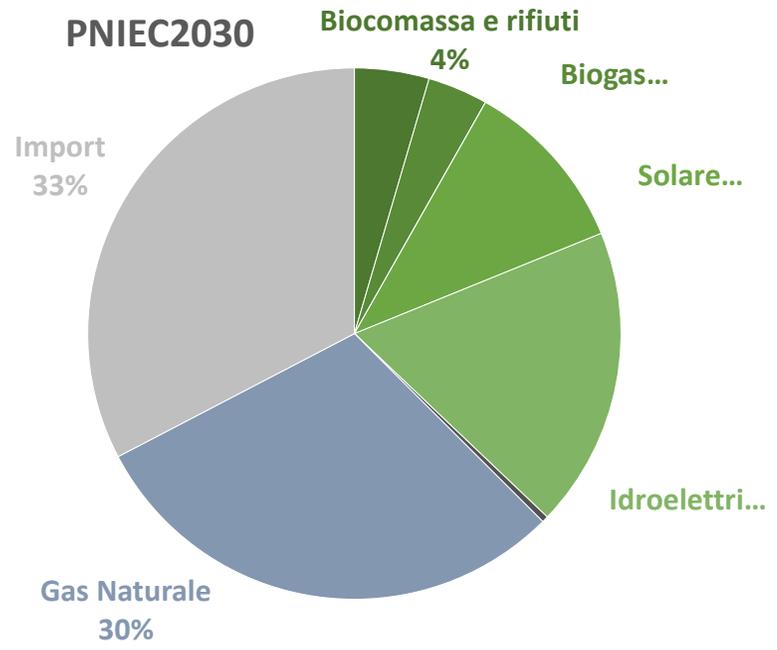
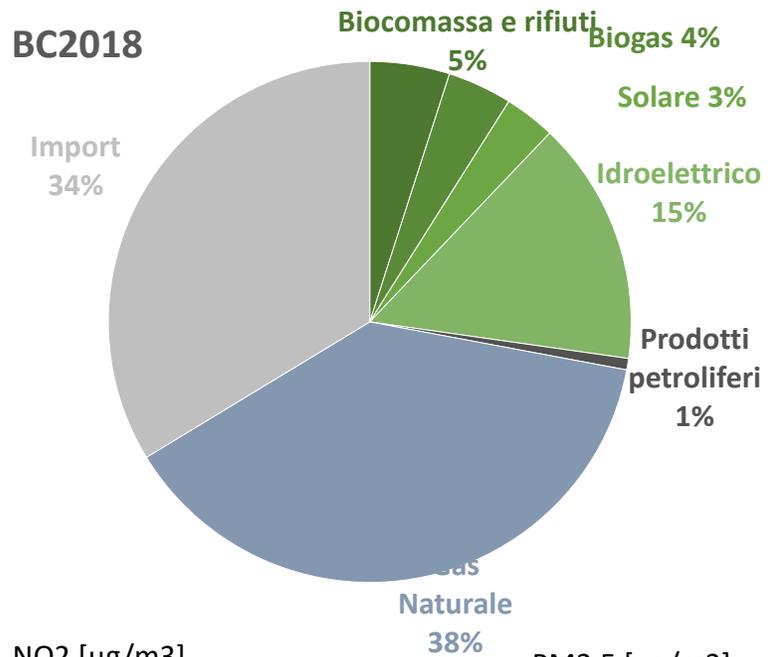


AQ&GHGs

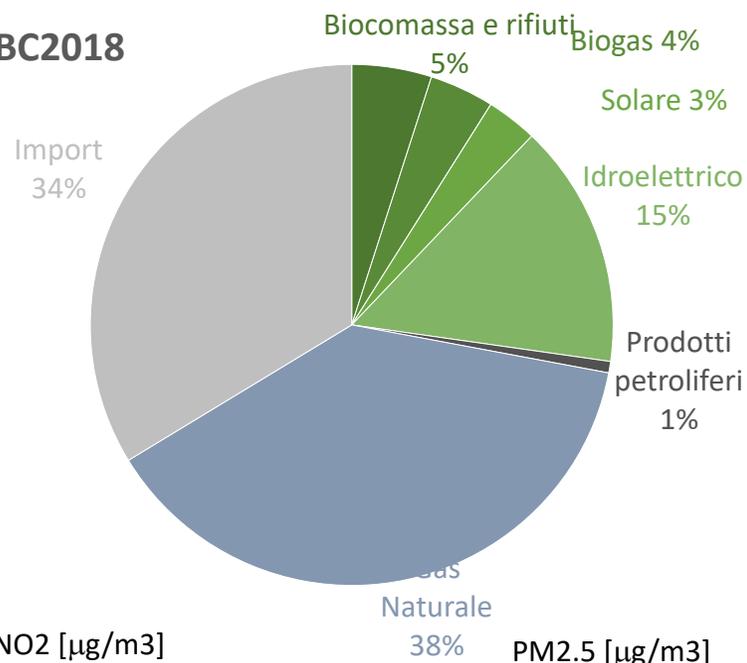
Scen	Cost over BC [M€/yr]	$\Delta PM_{2.5}$ [%]	ΔNO_2 [%]	ΔCO_2 [%]
8	2905	-5.1%	-35.3%	-20.0%
19	10550	-6.1%	-42.4%	-29.1%
20	20773	-6.2%	-44.0%	-29.1%

Emissioni

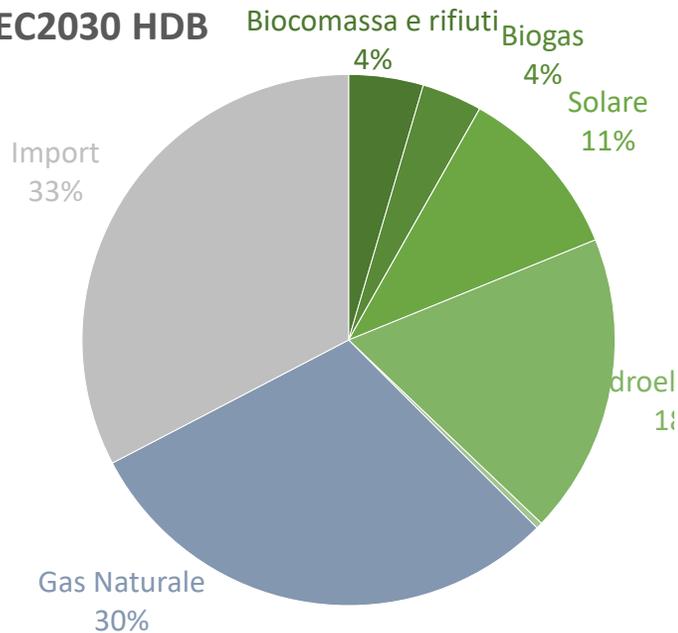




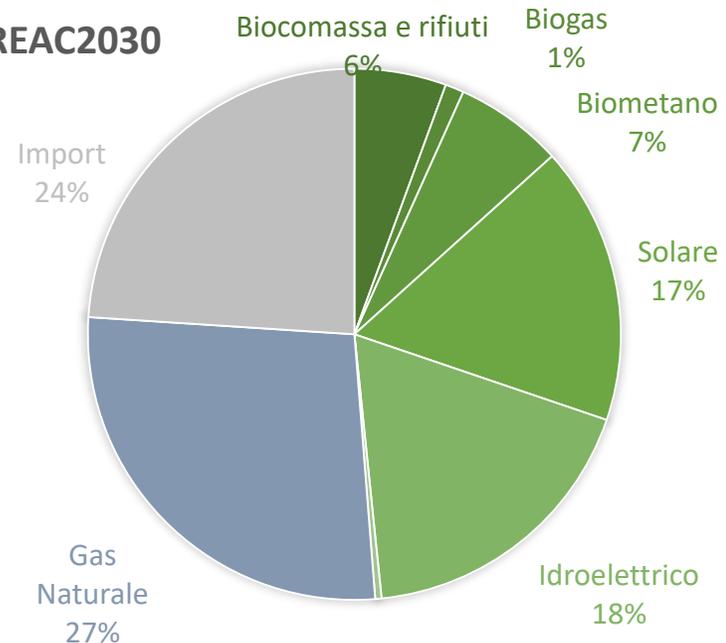
BC2018



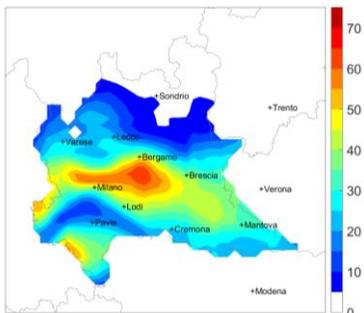
PNIEC2030 HDB



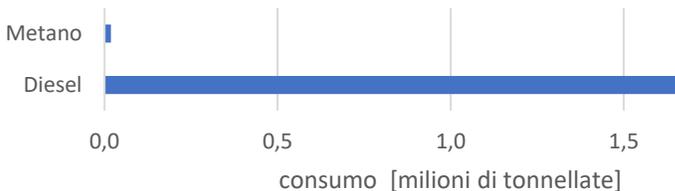
PREAC2030



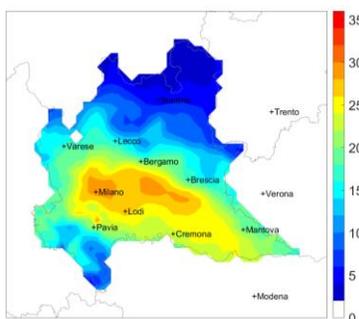
NO2 [µg/m3]



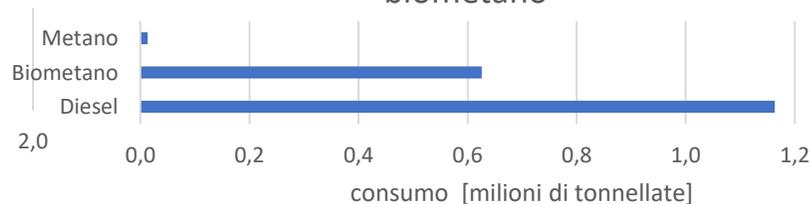
veicoli pesanti 2018



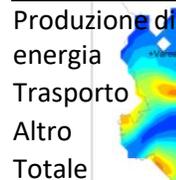
PM2.5 [µg/m3]



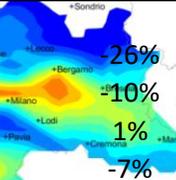
veicoli pesanti scenario 30% pesante a biometano



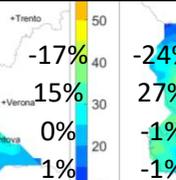
Produzione di energia
Trasporto
Altro
Totale



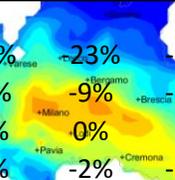
VOC
NH₃
PM_{2.5}
SO₂
CO_{2eq}



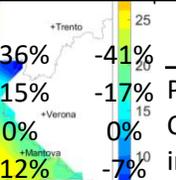
NOx
VOC
NH₃
PM_{2.5}
SO₂
CO_{2eq}



NOx
VOC
NH₃
PM_{2.5}
SO₂
CO_{2eq}



NOx
VOC
NH₃
PM_{2.5}
SO₂
CO_{2eq}



NOx
VOC
NH₃
PM_{2.5}
SO₂
CO_{2eq}



	NOx	VOC	NH ₃	PM _{2.5}	SO ₂	CO _{2eq}
Produzione di energia	-26%	-17%	-24%	-23%	-36%	-41%
Trasporto	-10%	15%	27%	-9%	-15%	-17%
Altro	1%	0%	-1%	0%	0%	0%
Totale	-7%	1%	-1%	-2%	-12%	-7%

Variazione di emissioni scenario PREAC

	NOx kton	VOC kton	NH ₃ kton	PM _{2.5} kton	SO ₂ kton	CO _{2eq} kton
Produzione di energia	-25%	-15%	-25%	-30%	-36%	-58%
Combustione non industriale	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%
Combustione nell'industria	-32%	-32%	-32%	-32%	-32%	-32%
Trasporti	-25%	-21%	-32%	-17%	-24%	-22%
Agricoltura	-3%	-3%	-4%	-3%	0%	-3%
Altro	2%	0%	0%	0%	0%	0%

La mobilità ad una svolta: motori IC banditi da EU dal 2035

Focus su trazione elettrica

Domanda: il **biometano può sostituire l'idrogeno?**

Risposta: **indagine su Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)**

a) Modello per simulazioni

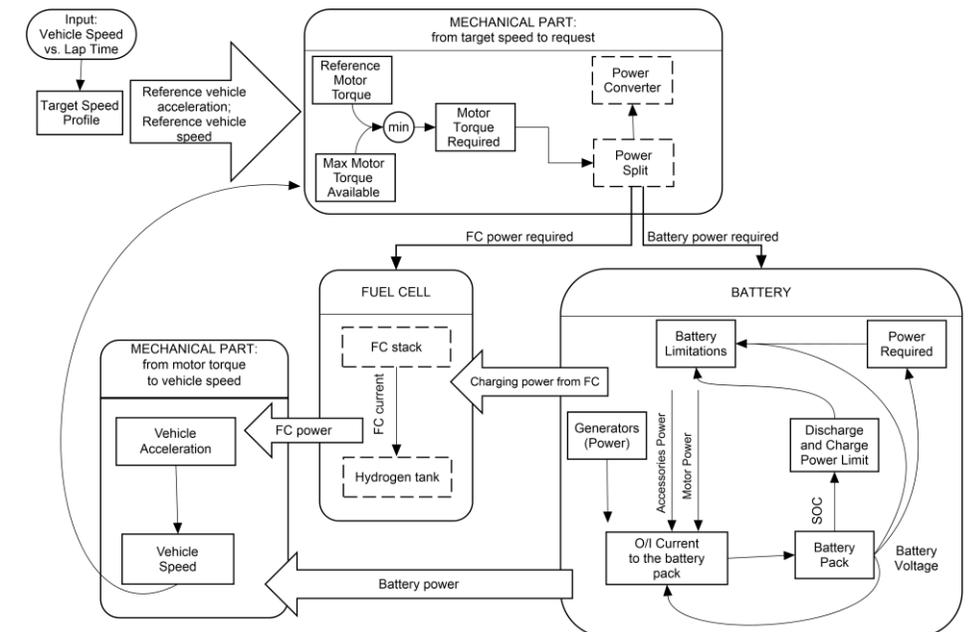
Simulazioni basate su modello di dinamica longitudinale ad hoc

Powertrain: IC, EV, HEV, **HEV con PEMFC (Proton-Exchange Membrane Fuel Cell)**

Cicli normalizzati (es. WLTP) e reali = acquisiti su veicolo strumentato

Serbatoio H₂ + PEMFC + compressore + batteria + motore elettrico + frenata rigenerativa* + Power Split

*con gestione stabilità del veicolo/sicurezza attiva



a) Modello per simulazioni

Simulazioni basate su modello di dinamica longitudinale ad hoc

Powertrain: IC, EV, HEV, **HEV con PEMFC (Proton-Exchange Membrane Fuel Cell)**

Cicli normalizzati (es. WLTP) e reali = acquisiti su veicolo strumentato

Serbatoio H₂ + PEMFC + compressore + batteria + motore elettrico + frenata rigenerativa* + Power Split

*con gestione stabilità del veicolo/sicurezza attiva

**Modello compatibile con simulatore di guida
Driver-In-the-Loop di UniBS (fattori soggettivi)**



b) Estensione modello a SOFC - 1

Solid-Oxide Fuel Cell (SOFC) compatibili con alimentazione a metano mediante processo di on-board reforming

I limiti attuali:

Solo per applicazioni statiche

Sensibilità alle vibrazioni

Tempi di accensione e transitori lenti

Temperatura di esercizio elevata (600-1000 °C)



b) Estensione modello a SOFC - 2

Il veicolo va visto come **Mobile Power Station**: SOFC sempre attiva, alimenta battery pack, altri veicoli oppure la rete

Approccio integrato, focus su veicoli gestiti in flotta

Rispetto ad idrogeno: potenziali vantaggi per stoccaggio ed infrastruttura!



b) Estensione modello a SOFC - 3

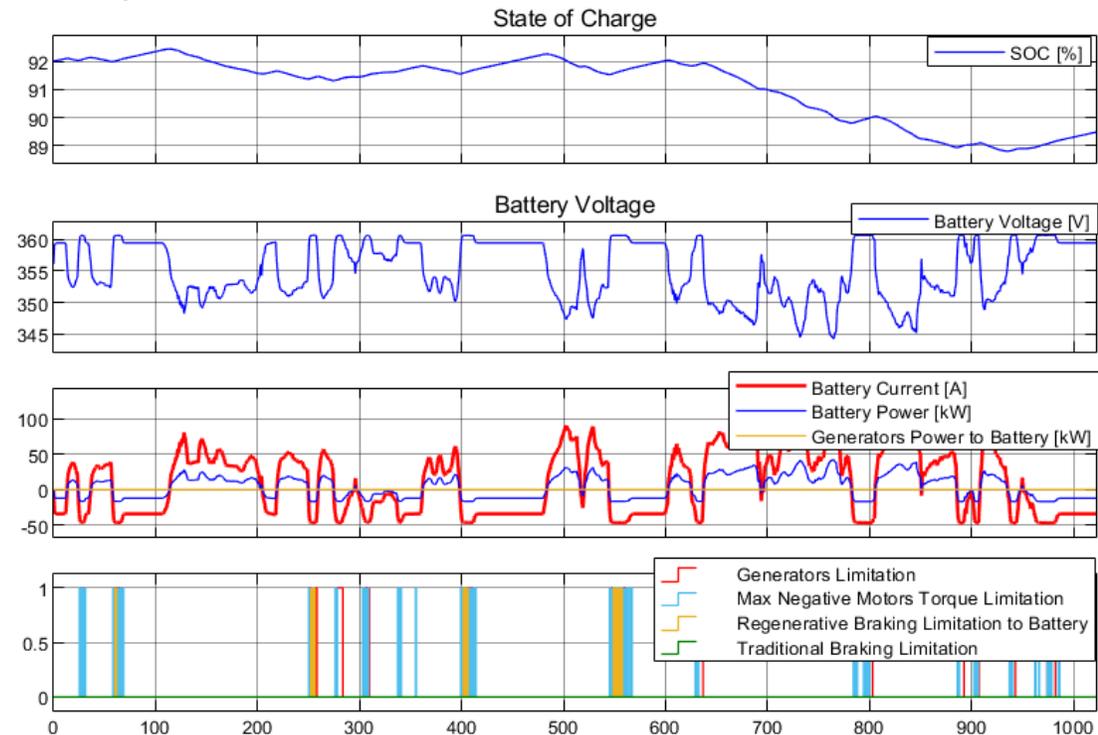
Esempio di dimensionamento:

EV classe N1 35 q.li (+ batteria), con ausiliari per raccolta rifiuti

Motore elettrico 70 kW

FC 3 kW

Batteria 30 Ah



Gruppi di lavoro

- WP3.1.1, WP3.3.2: Bertanza, Pedrazzani, Domini
- WP3.3.3: Gadola, Chindamo, Carnevale, Volta, Turrini, Sandrini,
- WP4.1: Volta, Zavanella, De Angelis, Arrighini, Zecchi, Vendramin
- WP4.2: Gilioli, Mansini, Trecroci, Tosato, Vendramin, Gobbi
- WP4.3: Trecroci, Vendramin
- WP4.4: Donato, Volta, Bonzani, Arrighini
- WP4.5: Granieri, Parisio, Volta, Fidelbo, Costoggiù

grazie

marco.gadola@unibs.it

marialuisa.volta@unibs.it