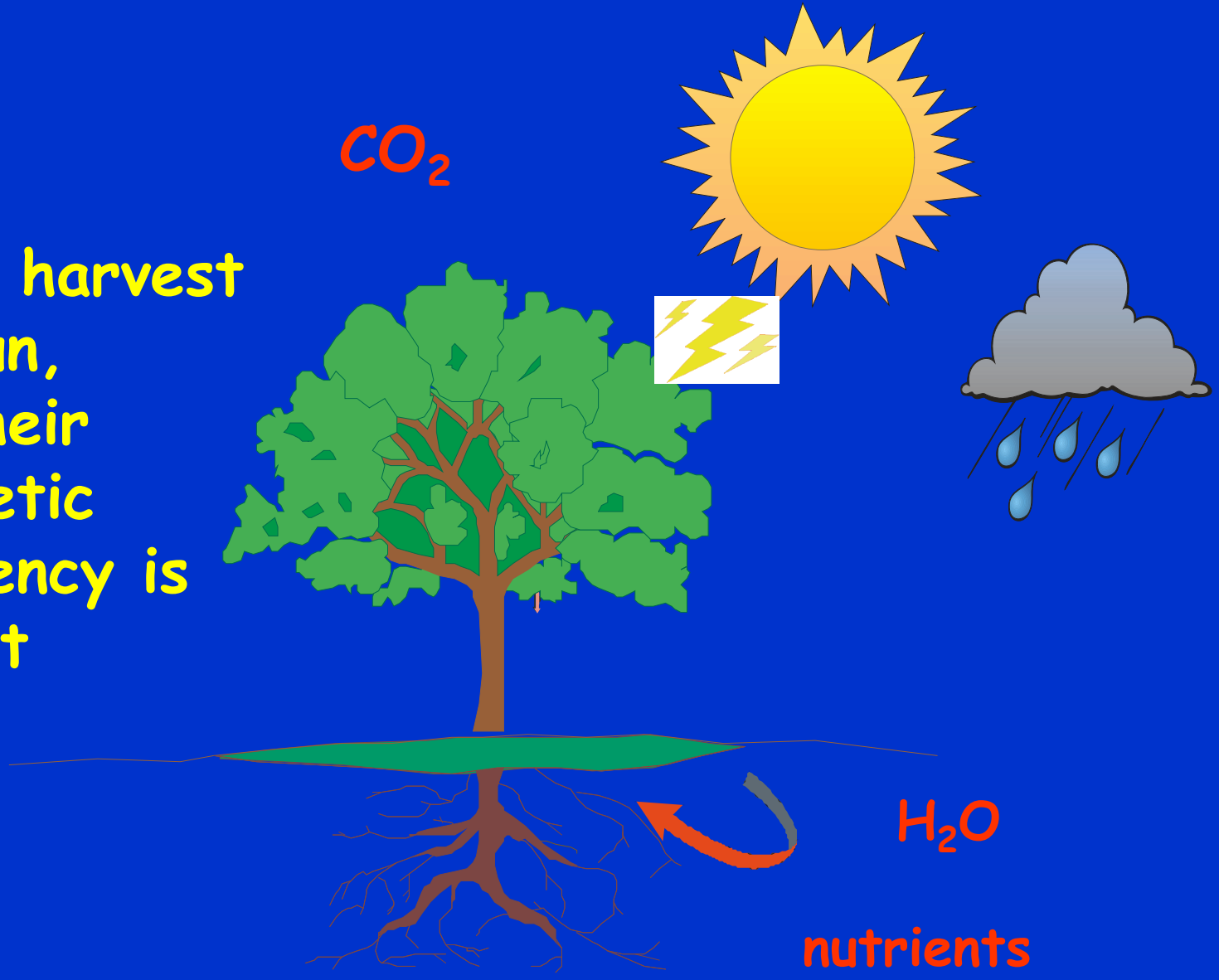
Technologies for bioenergy:
the role of research
for production and the environment

Giuseppe Scarascia Mugnozza, CNR-IBAF, Porano (RM)

PREPARATORY MEETING INTERNATIONAL PARTNERSHIP ON BIOENERGY
Ministry of Environment
CNR - Roma, 6 September 2005

Plants harvest the sun, but their energetic efficiency is modest



Research should work to increase this efficiency

Bioenergy in the Italian context

Total energy need	=	190 MTep
Renewable energy	=	17 MTep (9%)
Biofuels	=	5 MTep (3%)
RE/bioenergy	=	30%

Bioenergy should, at least, double by 2010

Bioenergy fuels

Forest products and residues

Agricultural products

Agro-industry residues

Urban forestry

Agro-forestry

Bioenergy vs. Environment

No free lunch: no energy sources come without environmental impact

However, biofuels are critical if we want to meet the target of significant reduction of CO_2 emissions (80-90% reduction from fossil fuel per unit of energy production)

Bioenergia a confronto con altri sistemi

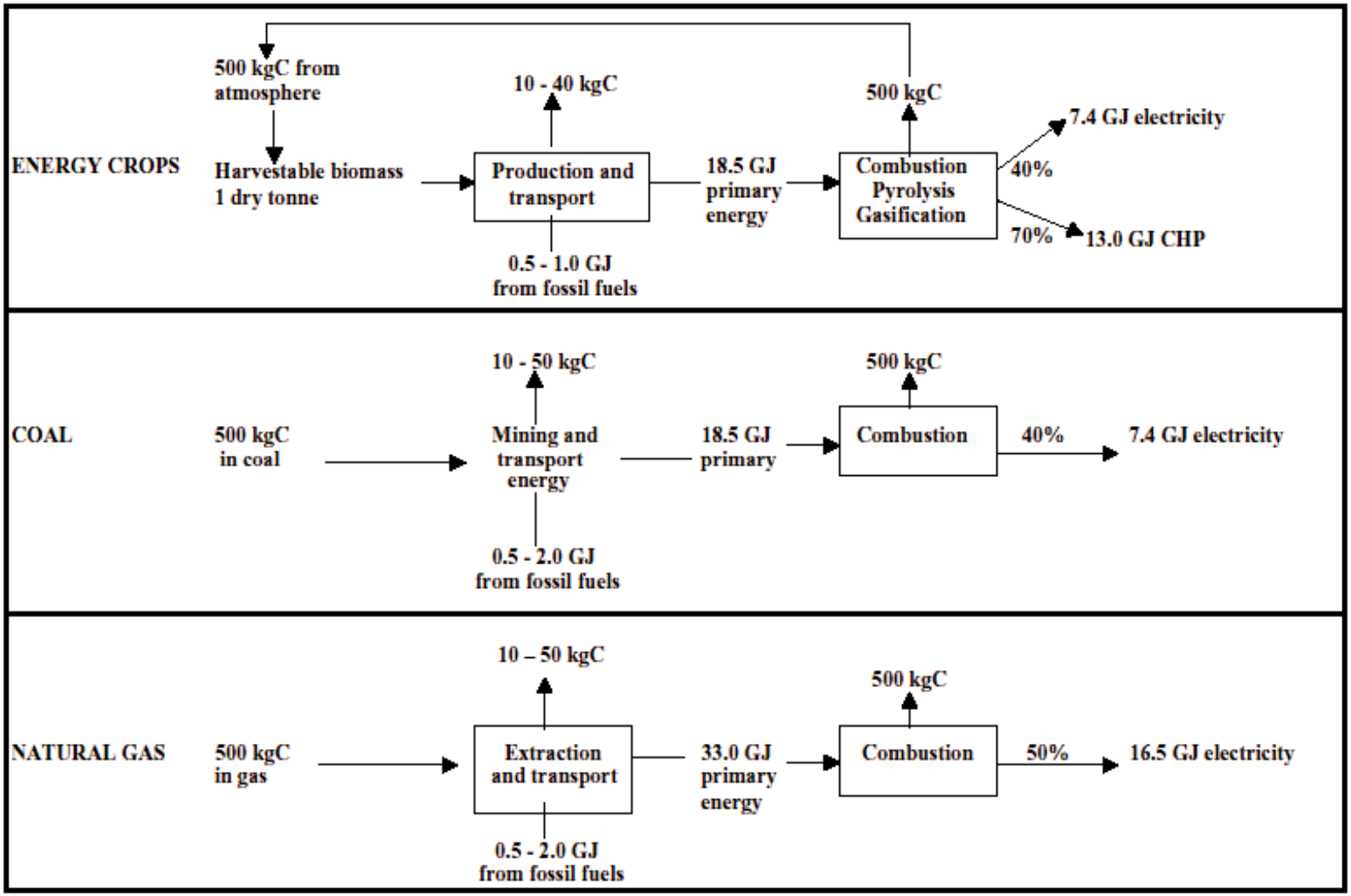
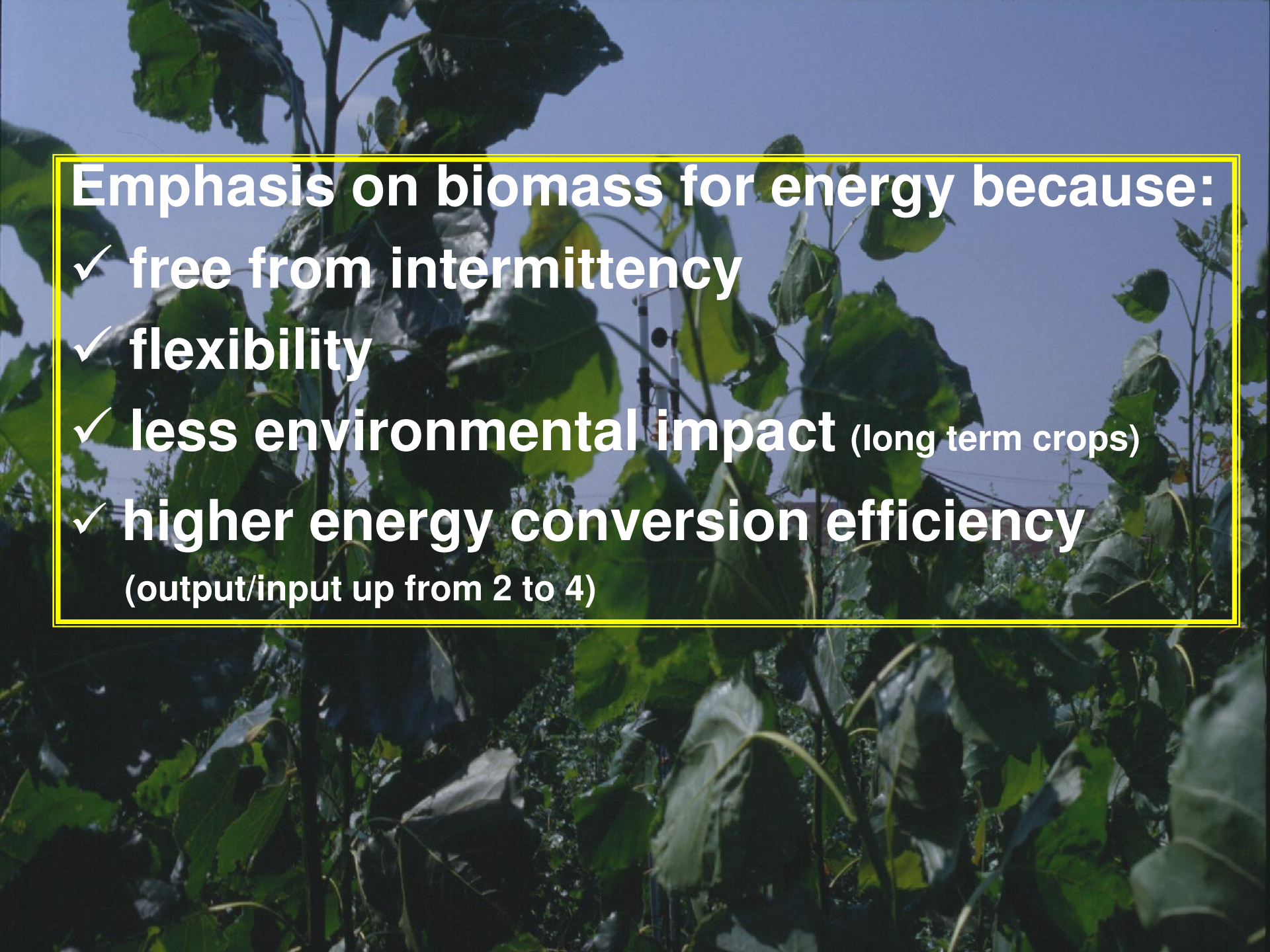


Fig. 1. Simplified schemes of the flows of energy and carbon when generating electricity from biomass, coal or natural gas. CHP is 'combined heat and power'.

Cannell, *Biomass and Bioenergy*, 2003



Emphasis on biomass for energy because:

- ✓ **free from intermittency**
- ✓ **flexibility**
- ✓ **less environmental impact** (long term crops)
- ✓ **higher energy conversion efficiency**
  (output/input up from 2 to 4)

Energy production from biomass (combustion, co-firing, gasification)

Conversion efficiency

heat	90%
electricity	30%
combined (heat + electr.)	80%

Figure 3-1 'Heat only' combustion plant

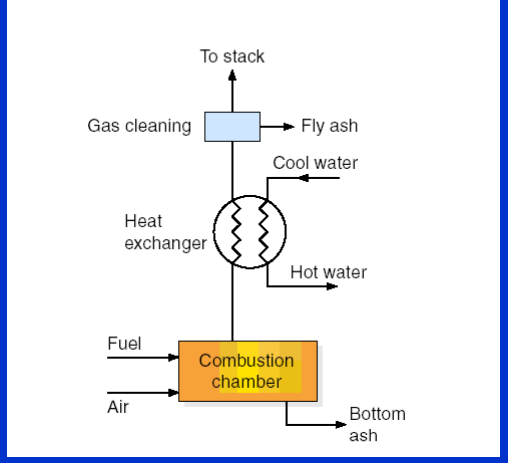


Figure 3-III Combined heat and Power (CHP) plant, using gas turbine for co-generation

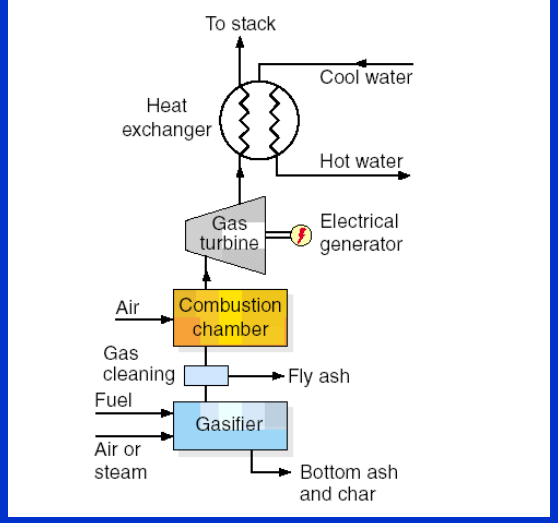
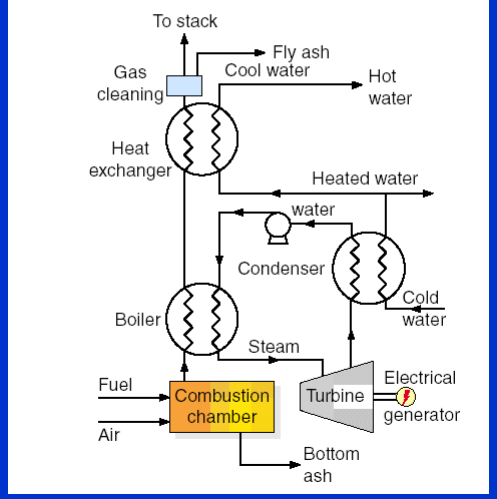


Figure 3-II Combined heat and Power (CHP) plant, using steam cycle for co-generation



(Royal Commission Environmental Pollution, 2004)

Energy plants with different scales and efficiency

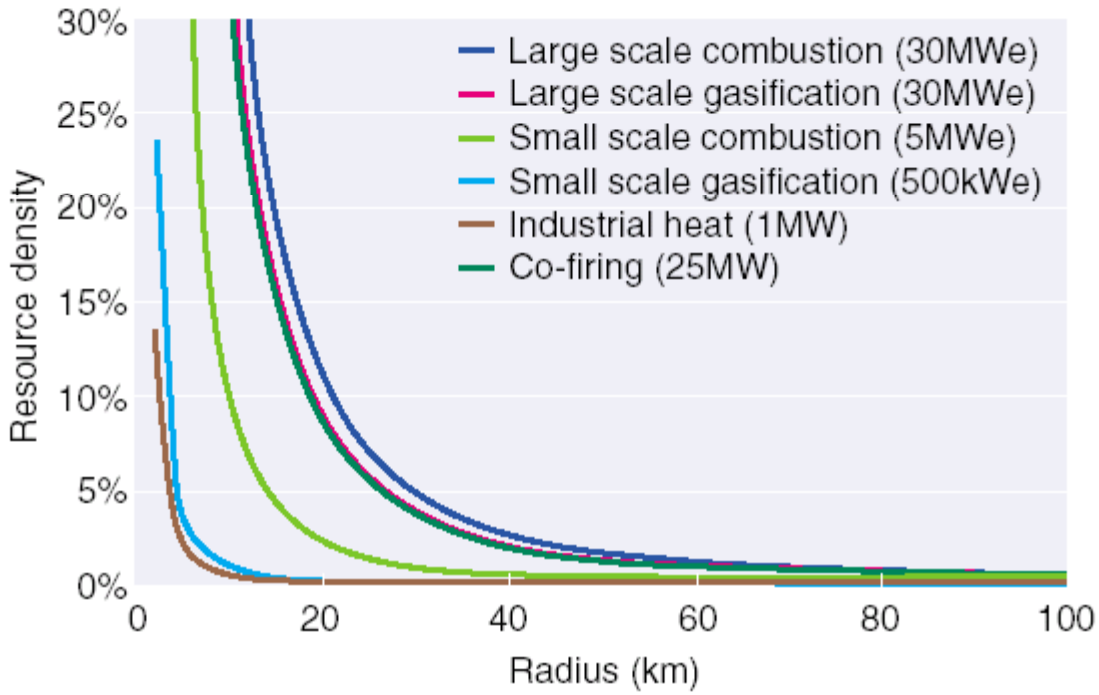
Table 4.5 Energy conversion facilities

Type	Efficiency	Fuel input	Output			Wood	Land use	Resource density
	%	(MW)	Heat (MWth)	Power (MWe)	Total (MW)	odt/y	hectares	%
Small heat-only	75	1.3	1	0	1	4,056	406	0.2
Large steam-cycle CHP	80	53	30	12	42	170,333	17,033	8.7
Small gasification/ pyrolysis	75	1.3	0.7	0.3	1	4,056	406	0.2
Large gasification/ pyrolysis	80	49	29	10	39	158,167	15,817	8.1

(Royal Commission Environmental Pollution, 2004)

Distance of the biomass source from energy plant is important

Figure 4-II Resource densities for biomass stations by collection radius.



(Royal Commission Environmental Pollution, 2004)

The expansion of the bioenergy option requires actions: institutional (subsidies, bioenergy chain implementation, information) and research (productivity, technology)

based on current yields, our estimates of the gross margin for the farmer suggest that energy crop production is only attractive using set-aside land[78]. At current yield levels SRC willow is less attractive than barley, oats or winter wheat. The DTI commissioned a further assessment that showed that with a 30% increase in yield, energy crops would be an attractive alternative to barley. Without subsidies an economic case cannot currently be made for energy crops but carefully designed additional subsidies could encourage further uptake of energy crops by UK farmers. The critical issue for farmers is the security of a market for at least two to three crops. Without that the risks of establishing a crop with a lifetime of 15-20 years is too great.

(Royal Commission Environmental Pollution, 2004)

Potential of Short Rotation Forestry in Italy

800.000 ha (Mezzalira, 2004)
(cereals cropping area: 3,7 Millions ha, ISTAT 1997)

x 10-20 t dm ha^{-1} y^{-1}

=>12 Millions t dm y^{-1}
(Fuelwood in Italy: 5 M. m^3 from 3,9 M ha coppice stands)

SRF crops

Salicacee: Poplars and willows

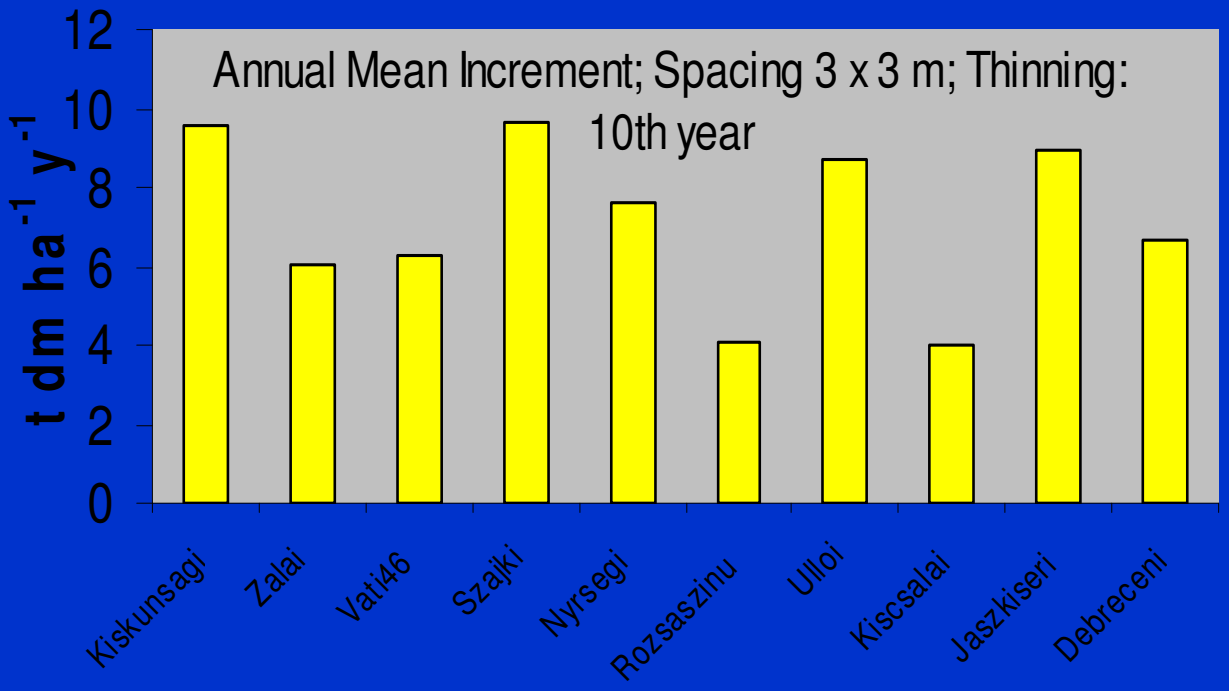
Robinia

Robinia Genetic Resources

Need of selected planting material of Robinia with improved yield

Collaboration with Hungary, where many robinia clones have been selected

Hungarian clones test plantation in Italy, Biagio-Orvieto (wheat yield 4,5 t/ha^{-1})



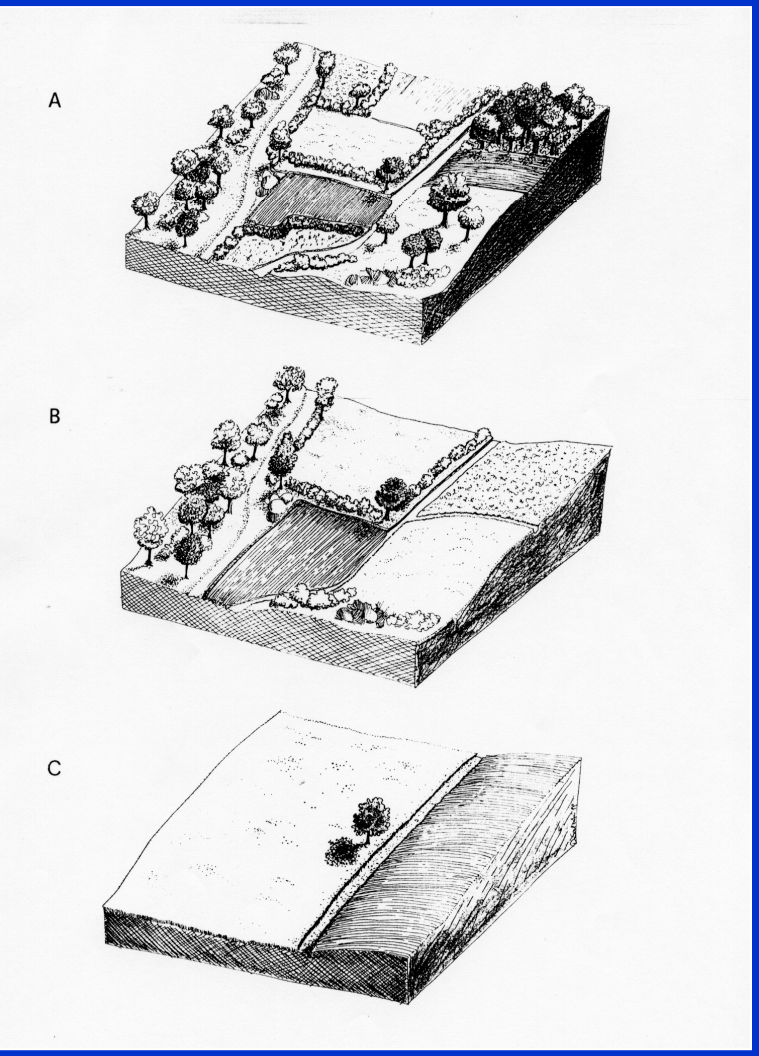
Production potentials of different poplar clones

Clone	Produz. sostanza secca fusto ton ha^{-1} $anno^{-1}$
Boccalari	8.90
I-214	13.10
BL Costanzo	14.91
L. Avanzo	21.29
Bellotto	23.52

Nel secondo ciclo incremento delle produzioni dal 10-15% per i cloni meno produttivi, al 30-35% per i più produttivi.

Da: Frison G., Bisoffi S., Allegro G., Borelli M., Giorcelli A. 1990 - Short rotation Forestry in Italy: past experience and present Situation. Energy Forestry Production System Workshop. Sept. 19-25 1990. Graz & Casale Monferrato. pp 42.

Agroforestry and wood production in Italy



<u>Before Word Word II,</u> agroforestry systems:

12 Millions (M) m^3 wood *<u>vs</u>* **10,5 Mm^3** from forests (Mezzalira, 2001);

<u>Year 2000:</u>

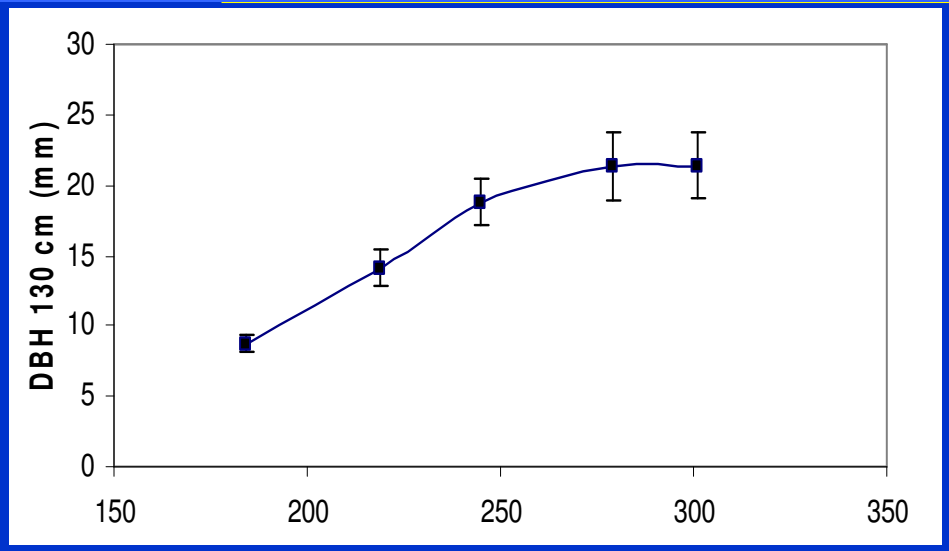
Agroforestry: **1,3 Mm^3**;
Forests: **7,9 Mm^3**

(ISTAT, 2000)

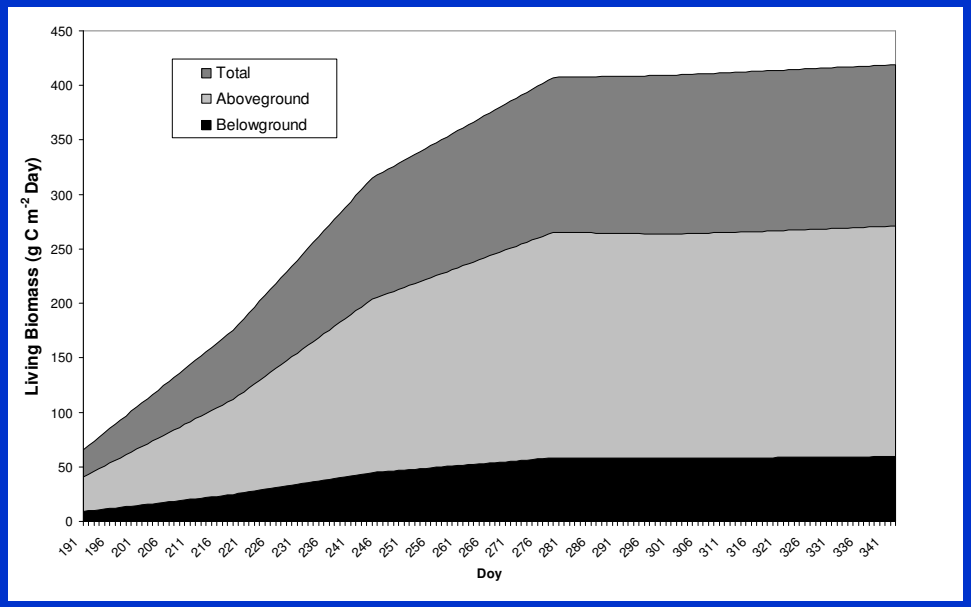
Misura diretta dell'assorbimento netto (NEE)

Courtesy G.Seufert, JRC, Ispra

Impianto SRF a Vigevano (Lombardia, PV)



April

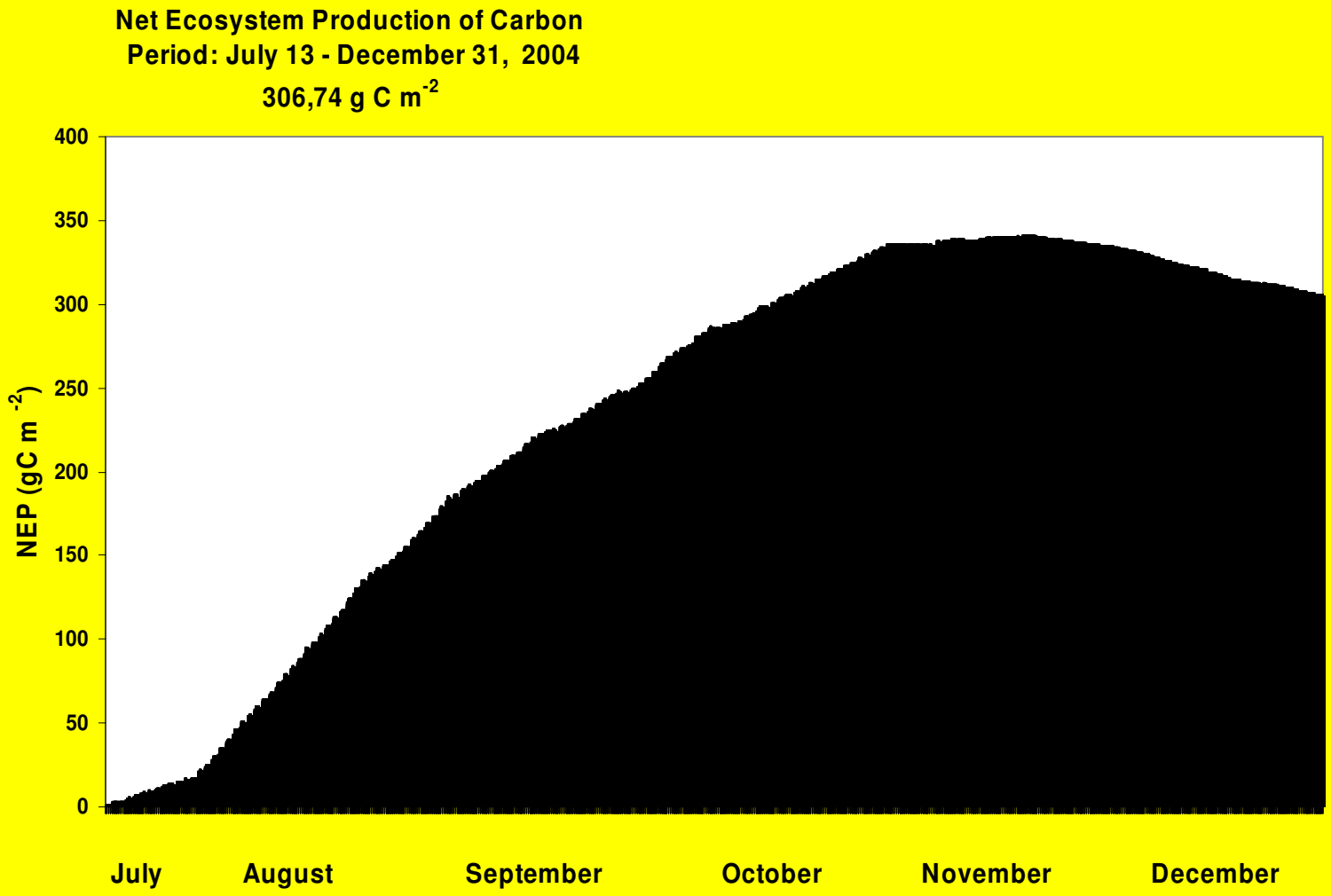


October

Aboveground: 3.5 tC ha^{-1}; Total: 4 tC ha^{-1}

Courtesy G.Seufert, JRC, Ispra

Misura diretta dell'assorbimento netto (NEE)



Courtesy G.Seufert, JRC, Ispra

Buffer strips to remediate groundwater pollution

Synthesis

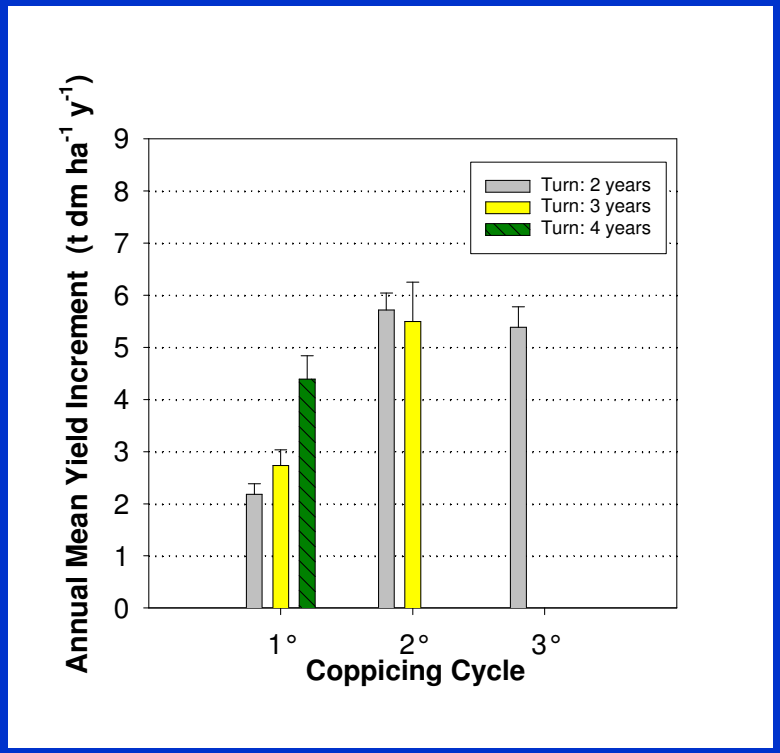
- Need of close links between institutions, research and farmers
- Research programs in production biology and energy technology
- Develop the biomass-bioenergy-environment chain
- Bioenergy will be cost effective if multifunctional

Integrated research on Robinia SRF

- ✓Field experimentation
- ✓Plant physiology
- ✓Plant genetic

Field experimentation

Pilot experimental field of Robinia SRF in a marginal site in a hilly area of Central Italy, Orvieto (annual prec. 700 mm; wheat yield: 3,5 t/ha)



Low yield; but,
-No selected planting material;
-Low inputs cultivation;
-No soil fertility degradation;
-Possibility of harvesting with semi-mechanical method;

Piantagione di talee legnose

Piantagione SRF al I anno dopo la ceduazione

Propagazione vegetativa per ceduazione

fino a 3-4 ceduazioni successive in piantagioni da biomassa SRF

Robinia Genetics

B.Lo.Ri.D.A.R. Project (EU; 1999-2001)
(Coordination Dr. M. E. Malvolti, IBAF, Porano)

✓In collaboration with Hungary, Bulgaria and Greece

✓Integrated project on:

- Physiology (drought adaptation);
- Genetic (populations variability and discriminator markers)
- Wood quality

Why Black locust/Robinia for SRF in Italy?

Robinia is not endemic to Italy;

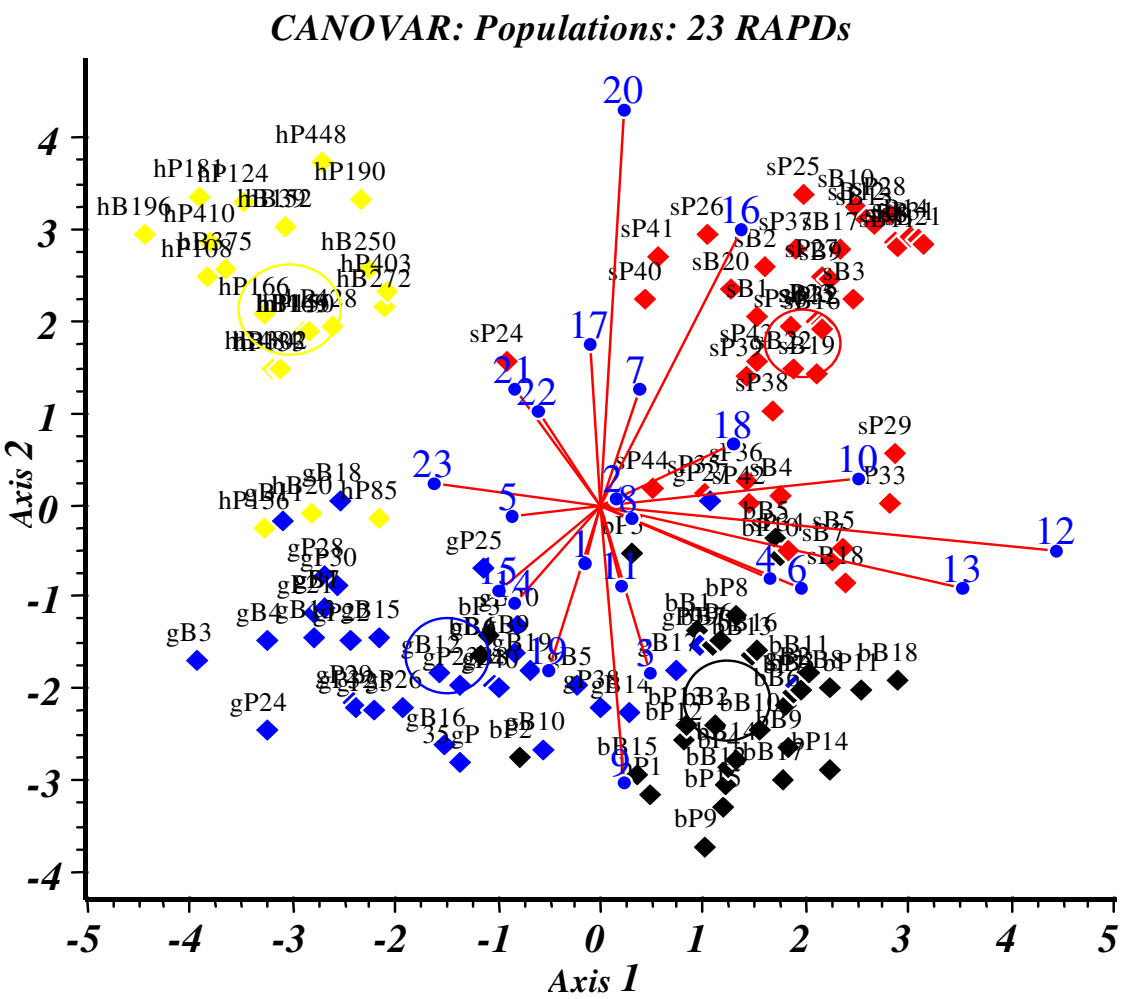
Robinia is a fast growing tree species (14 t dm ha^{-1} y^{-1} -coppice stands with 15 years rotation), with a very dense wood, and good coppicing adaptability

Very high adaptability of the species to different site conditions,even very difficult such as poor soils and dry climate, with the only exception of wet or compacted (clay) soils;

Robinia is one of the most suitable species for the establishment of SRF plantations in the marginal areas of inner central Italy with limiting site conditions (drought, shallow and deep steep soils).

Robinia Genetics

Genetic diversity among 4 robinia proveniences (Greece, Bulgary, USA, Hungary), by Canonical variates analysis (CANOVAR) on 23 RAPD markers.

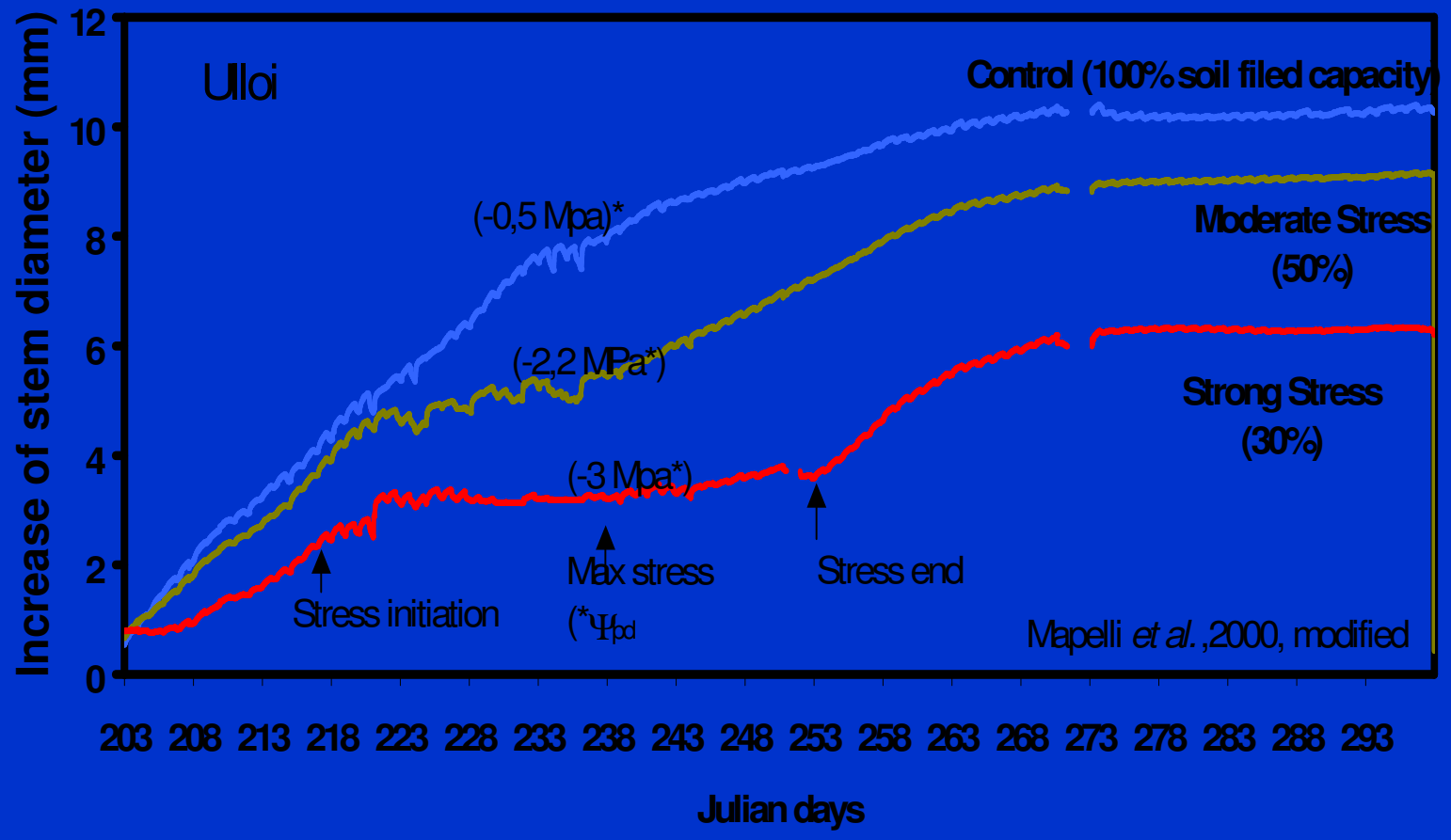


Drought adaptation

Searching for high yielding clones under dry conditions

- ✓Controlled conditions
- ✓Clones (3 yearly experiments)
- ✓Physiological parameters: Gas exchanges, WUE, $\Delta\ ^{13}C$

Negative effect of drought on robinia growth



Fabbisogno di biomassa legnosa

1 MWh di energia elettrica → 1,33 tonnellate di biomassa legnosa

2.408,5 GWh → 3.203.305 t di biomassa legnosa

8.034.684 t di residui legnosi → 6.041 GWh elettricità

(7.800.000 t + 234.684 t)

Sistemi agro-forestali per l'assorbimento di carbonio e la produzione di bioenergia

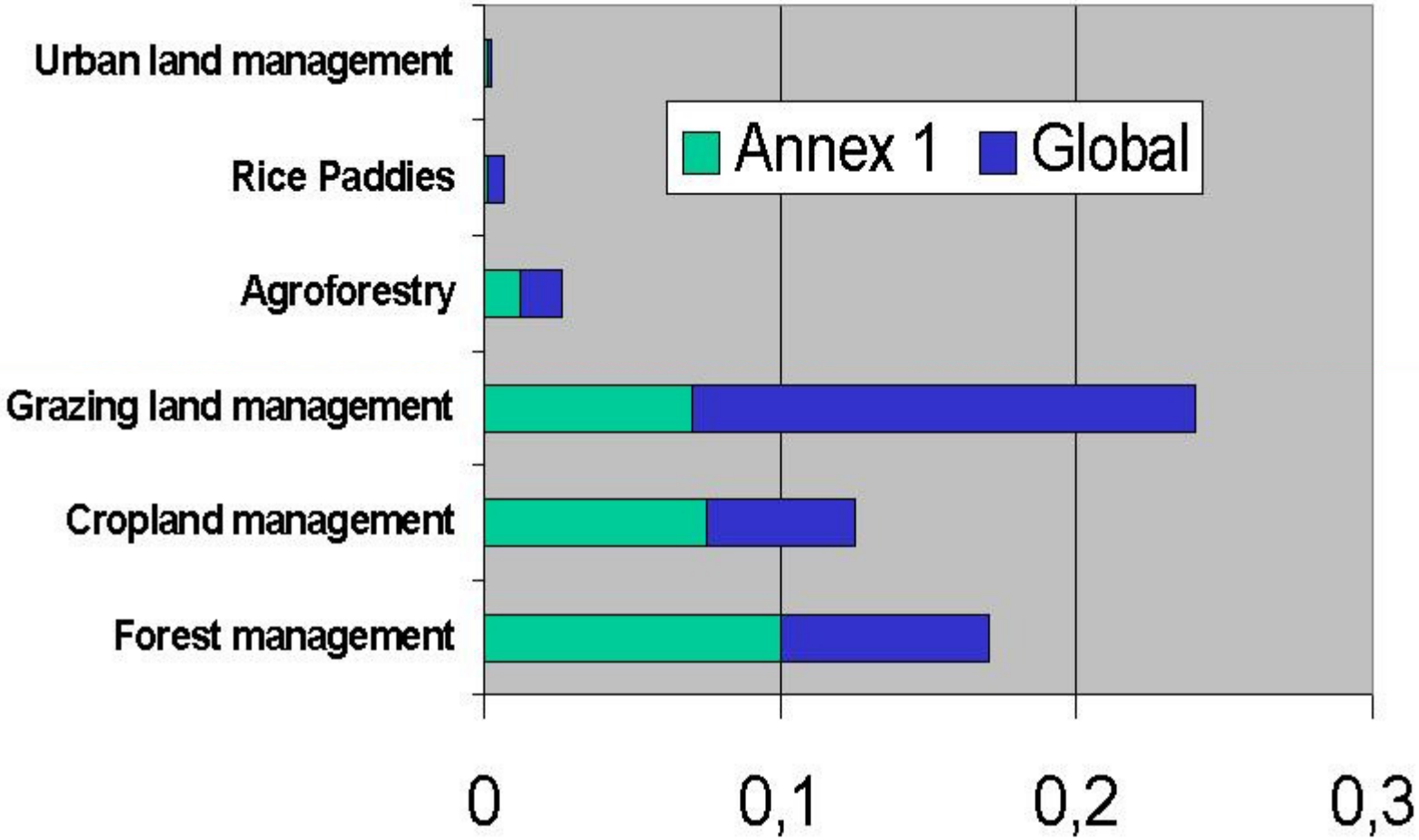
- Ruolo della biosfera nel ciclo globale del Carbonio
- Le attività agro-forestali nel protocollo di Kyoto
- Impianti da biomassa per la produzione di energia
- Potenzialità e attuabilità dell'opzione "agro-forestale"
- Considerazioni conclusive

Attività agroforestali in grado di generare crediti di carbonio

1. Gestione forestale (foreste esistenti)
2. Impianti forestali domestici (rimboschimenti)
3. Impianti forestali nei meccanismi JI e CDMs
4. Rivegetazione
5. Agricoltura
6. Prati-pascoli

Annual C sequestration potential (GtC/y)

Improvement of management within cover type

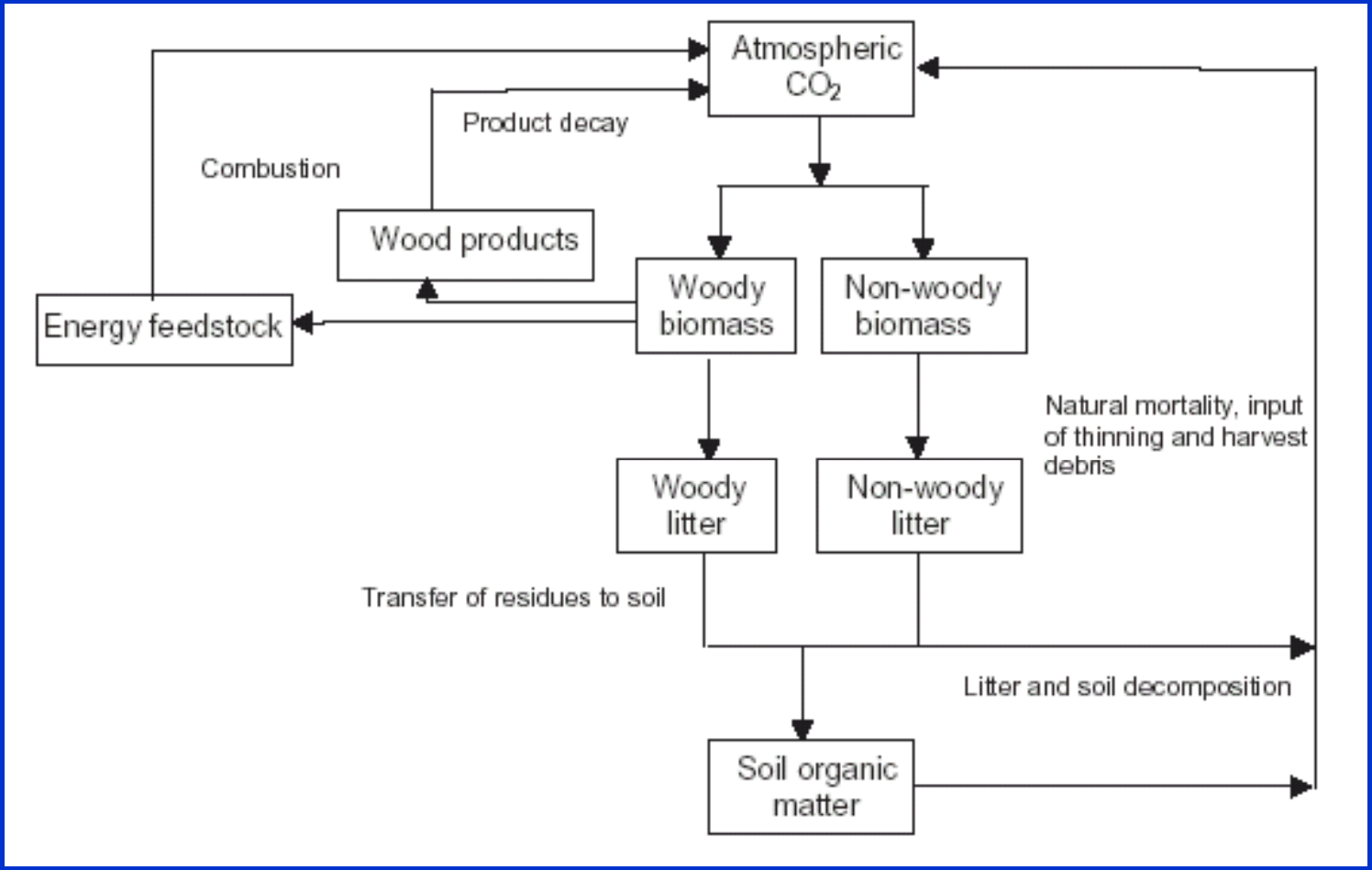


IPCC, TAR 2001

Contributo di alberi e piantagioni per il miglioramento ambientale

- Assorbimento dei gas serra ("sink")
- Sostituzione dei combustibili fossili (bioenergia)
- Conservazione della biodiversità (sostenibilità)
- Disinquinamento acque e terreno (fitorimedio)

Carbon mitigation da parte dei sistemi agroforestali gestiti



Baral e Guha, *Biomass and Bioenergy*, 2004

Uso del legno come fonte di energia (sostituzione)

Impianti da biomassa

per la produzione di energia

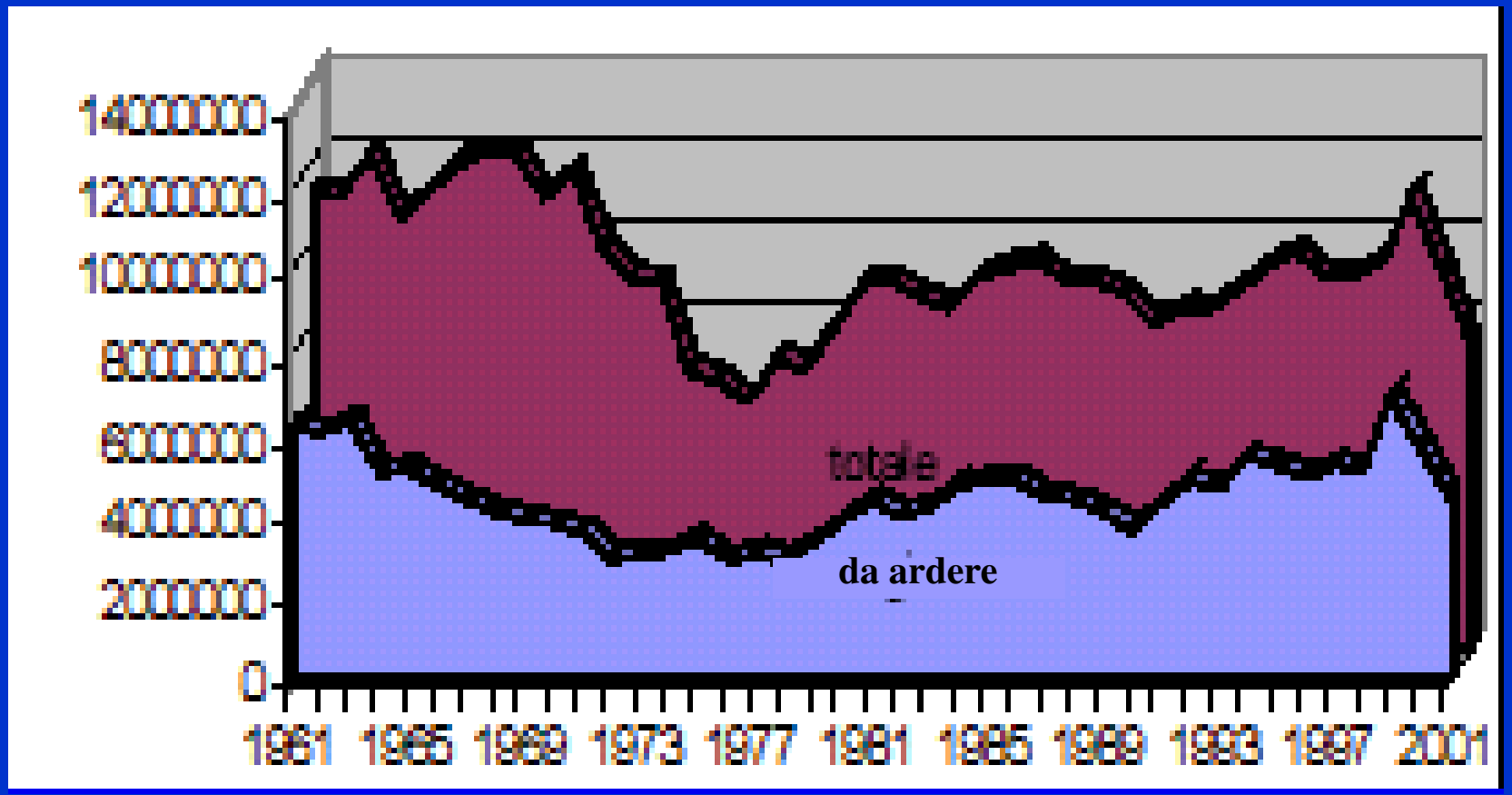
Perchè proprio le salicacee?

- La famiglia delle *Salicaceae*, include pioppi e salici
- I pioppi sono gli alberi con la maggiore capacità di accrescimento nelle zone temperate
- Vi sono circa 30 specie di pioppo nel mondo (emisfero nord)

- La propagazione vegetativa e la produzione di nuove generazioni, anche tra specie divese, è facile
- E' un modello per il mondo scientifico e, grazie al sequenziamento del genoma, saranno possibili notevoli progressi scientifico- applicativi

Pioppicoltura “tradizionale”
JRC test site, IT7 CarboEuroflux

Prelievi di legname in Italia



2000: 7.9 Mm^3

Legname da industria
± 50% da pioppeti

Pioppicoltura SRF

Courtesy G.Seufert, JRC, Ispra

Piantina di 1 mese da talea legnosa

Conferimento della biomassa alla centrale elettrica

Potenzialità e attuabilità dell’opzione “agro-forestale”

European Climate Change Programme (ECCP)

Cominciato nel Giugno 2000 per aiutare ad identificare le misure ambientali efficienti per aiutare l' EU a raggiungere l'obiettivo di riduzione di Kyoto

Tra i gruppi di lavoro:

- **Carbon sequestration in agricultural soils**

  rapporto finale disponibile
  http://europa.eu.int/comm/environment/climat/agriculturalsoils.htm

- **Forest related carbon sequestration**

  rapporto finale disponibile
  http://europa.eu.int/comm/environment/climat/forestrelatedsinks.htm

Alcune considerazioni dell'ECCP :

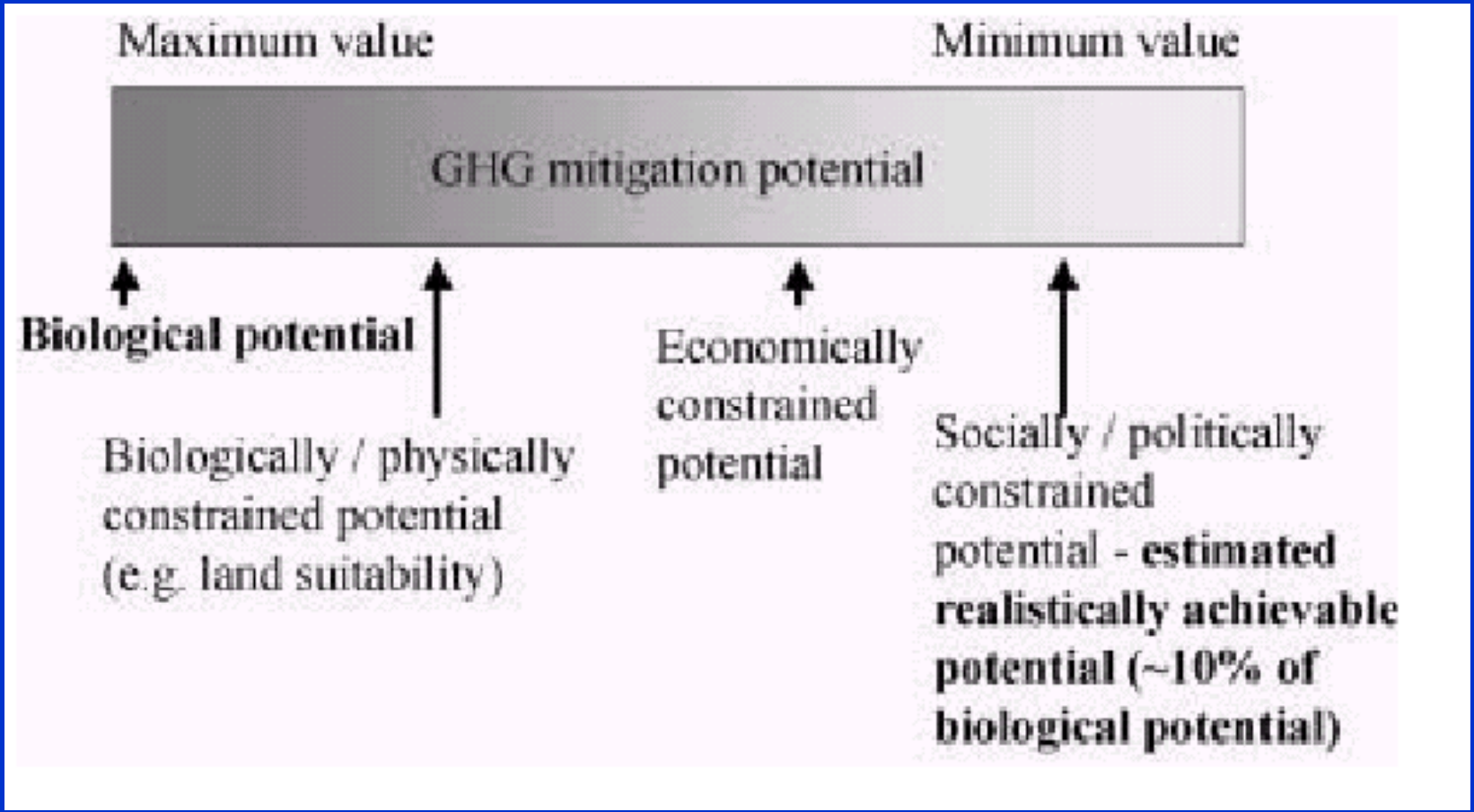
- L'obiettivo di riduzione per l'EU15 corrisponde a 336 Mt CO_2eq
- Considerando solo le attività con co-benefici ambientali chiaramente positivi (es. protezione del suolo, biodiversità), il potenziale "tecnico" per il "sequestro" di carbonio per il 1° CP nel 2010 è stimato in 60-70 Mt CO_2eq per i suoli agricoli e 33 Mt per le foreste.
- 12 Mt possono essere ottenute attraverso la riduzione delle emissioni di N_2O risultante dalla riforma della CAP e altre legislazioni ambientali (direttiva Nitrati)

Alcune conclusioni (ECCP):

- ✓ gli assorbimenti agricoli e forestali possono contribuire al raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, ma sono considerate, nel lungo periodo, una misura temporanea rispetto alla riduzione delle emissioni
- ✓ Possibili limiti: monitoraggio e verifica, incertezza rispetto ai risultati di lungo termine, addizionalità, ruolo della gestione diretta da parte dell'uomo, ecc.

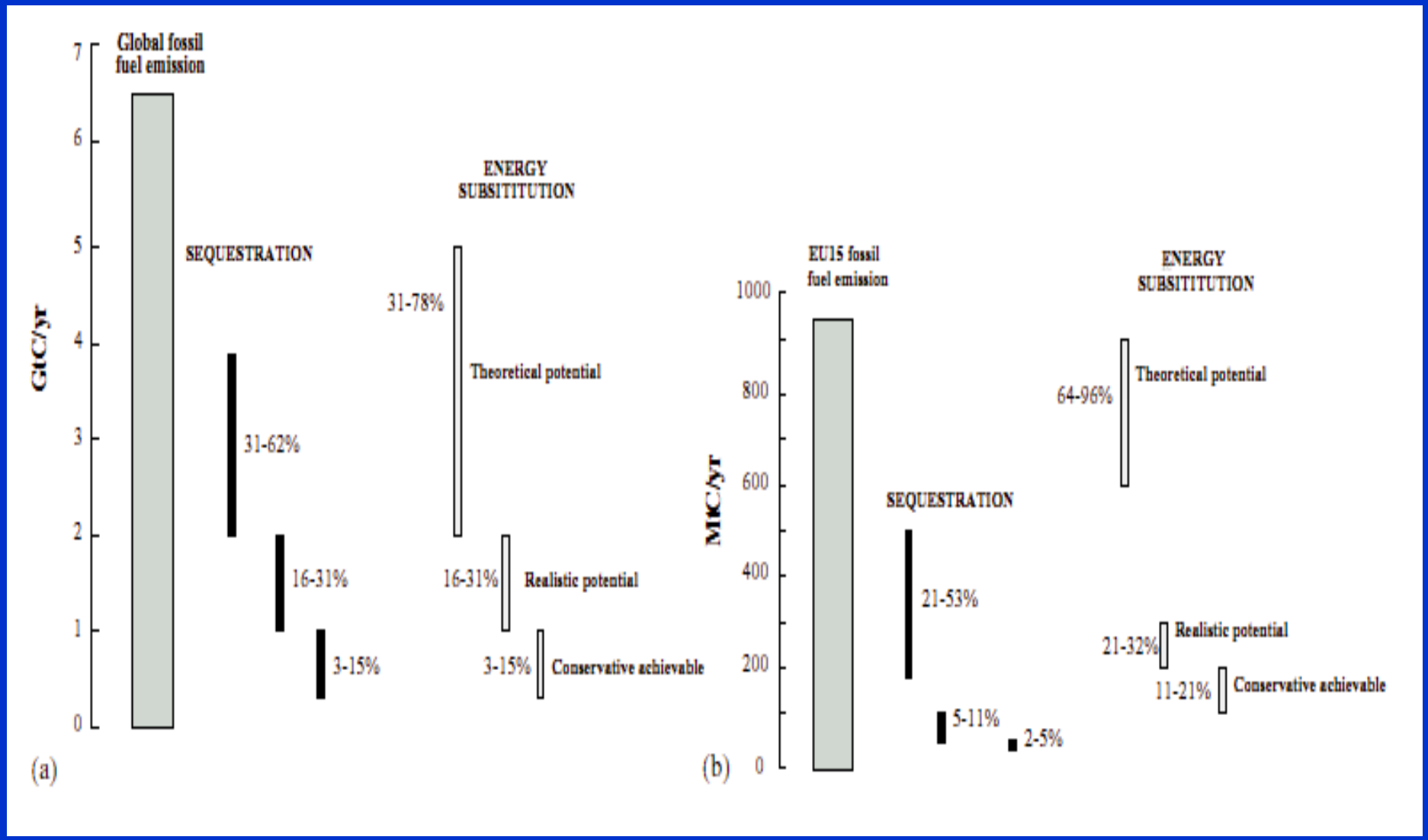
⇒ ***C'è bisogno di ricerca e dati***

Potenzialità e realtà delle opzioni legate agli usi del suolo



Da, CarboEurope-GHG 2004, Report on Greenhouse Gas Emissions from European Croplands

Ruolo globale e per la EU(15) dei sistemi agroforestali



Cannell, *Biomass and Bioenergy*, 2003

Potentialità della Short Rotation Forestry (SRF) in Italia

800.000 ha (Mezzalira, 2004)
(area coltivata a cereali: 3,7 Millions ha, ISTAT 1997)

x 10-20 t dm ha^{-1} y^{-1}

=>12 Mt dm y^{-1}
(Legna da ardere: 5 Mm^3)

Delibera CIPE 19.12.2002

Tavola 17 - Potenziale nazionale massimo di assorbimento di carbonio

	Assorbimento (Mt CO_2 eq.)	Investimento (Meuro)	Costo netto (euro/t CO_2 eq.)
Art. 3.4 del Prot. di Kyoto: Gestione forestale	4,1	10	0,2
Art 3.4 del Prot. di Kyoto: Terre agricole, pascoli, rivegetazione	0,1	4,2	4,2
Art 3.3 del Prot. di Kyoto: Riforestazione naturale	3,0	6,5	0,2
Art 3.3 del Prot. di Kyoto: Afforestazione e Riforestazione (vecchi impianti)	1,0	6,0	0,2
Art 3.3 del Prot. di Kyoto: Afforestazione e Riforestazione (nuovi impianti)	1,0	200	4,0
Art 3.3 del Prot. di Kyoto: Afforestazione e Riforestazione (nuovi impianti) su aree soggette a dissesto idrogeologico [21]	1,0	300	6,0
Totale	**10,2**	**526,7**	

Obiettivo Italiano di riduzione circa 100 Mt CO2

Considerazioni conclusive

Opportunità per l'Italia

- I sistemi agro-forestali italiani possono dare un contributo significativo (input da MIPAF e Associazioni di categoria)

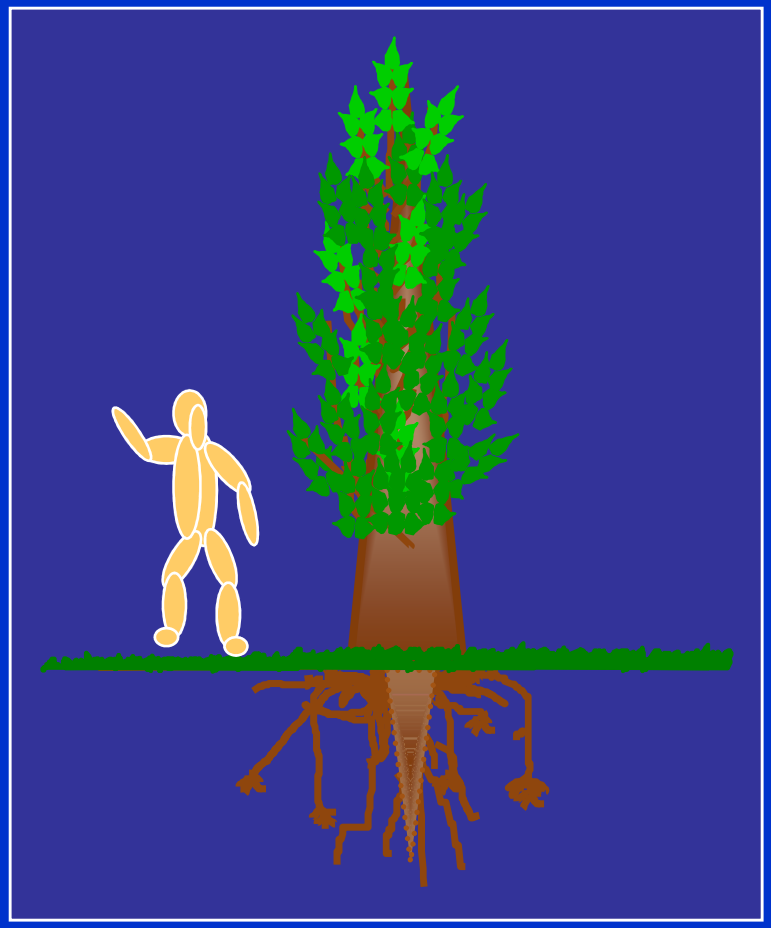
- Le Amministrazioni pubbliche sono chiamate ad intervenire e possono svolgere un ruolo determinante (coinvolgimento privati)

- Azione sinergica dei sistemi agro-forestali: non sono solo sinks: protezione e recupero ambientale; produzione di energia rinnovabile; lotta alla desertificazione; biodiversità; eco-turismo; ecc.

Obiettivi per la selezione in SRF

(Short rotation forestry = turni brevi di 2-6 anni)

- Elevato tasso di crescita
- Forte controllo apicale, chioma raccolta, ramificazione ridotta
- Massima capacità di intercettazione della luce della chioma
- Bassa competizione, anche in spazi ridotti
- Apparato radicale poco esteso
- Ridotta crescita in altezza
- Maggiore capacità di allocare carbonio nel fusto



Caratteristiche per il futuro

- Accrescimento/produzione
- Qualità del legno
- Resistenza alle malattie e agli insetti
- Tolleranza a freddo, siccità, salinità
- Principi attivi per la farmacopea
- Risorse per l'industria chimica (bio-based economy)

- SELEZIONE

Impianto sperimentale POPFACE

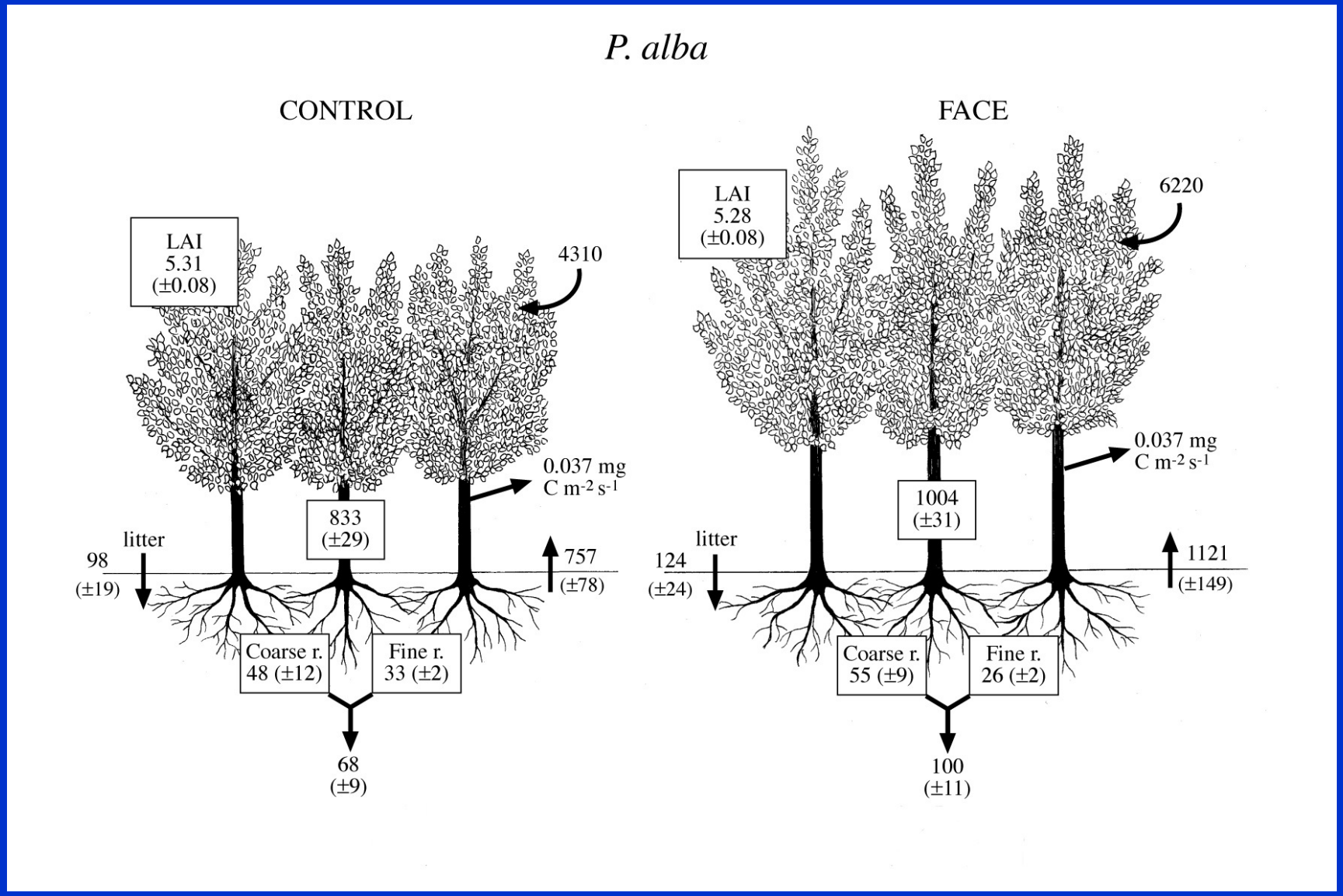
Obiettivo generale:

Valutare la risposta di una piantagione di pioppo coltivata ad alta densità in condizioni atmosferiche attuali e future (550 ppm di CO_2), per verificare il contributo a scala ecosistemica di questa tipologia colturale per la mitigazione dei cambiamenti su scala globale.

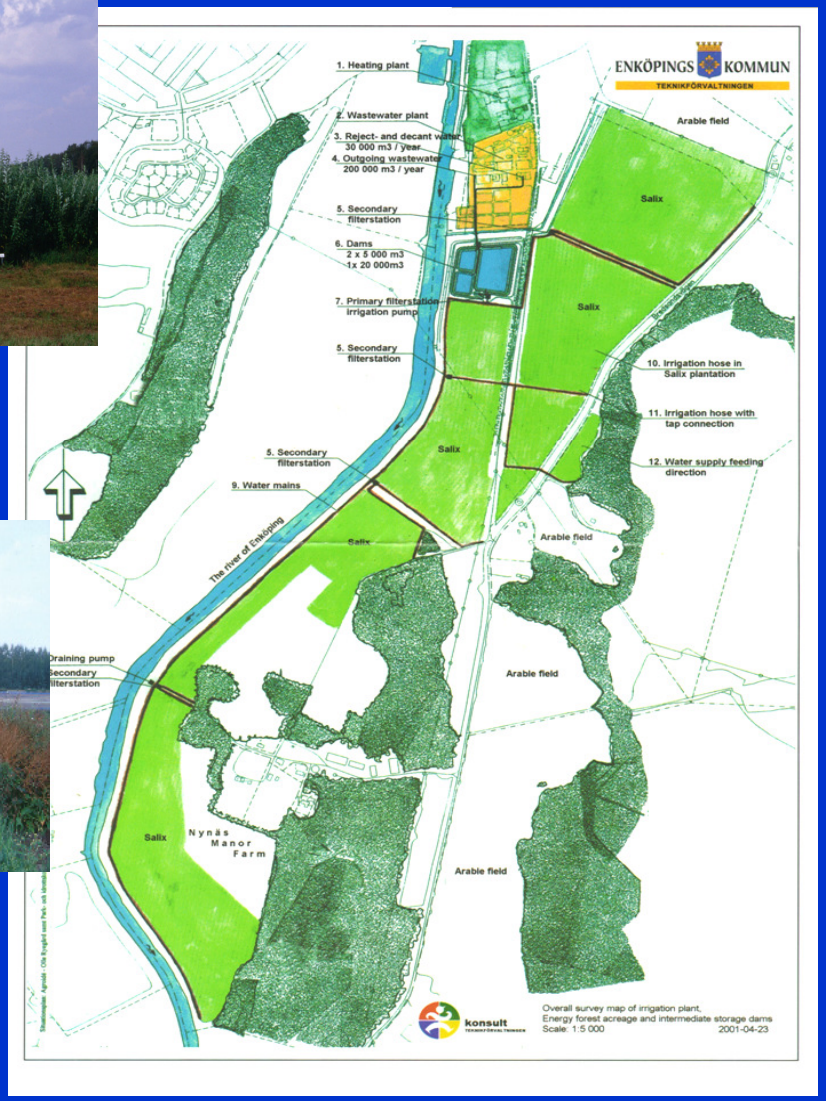
POPFACE

Bilancio completo del Carbonio del pioppeto

(serbatoi in gC m^{-2}, flussi in gC m^{-2} $anno^{-1}$)



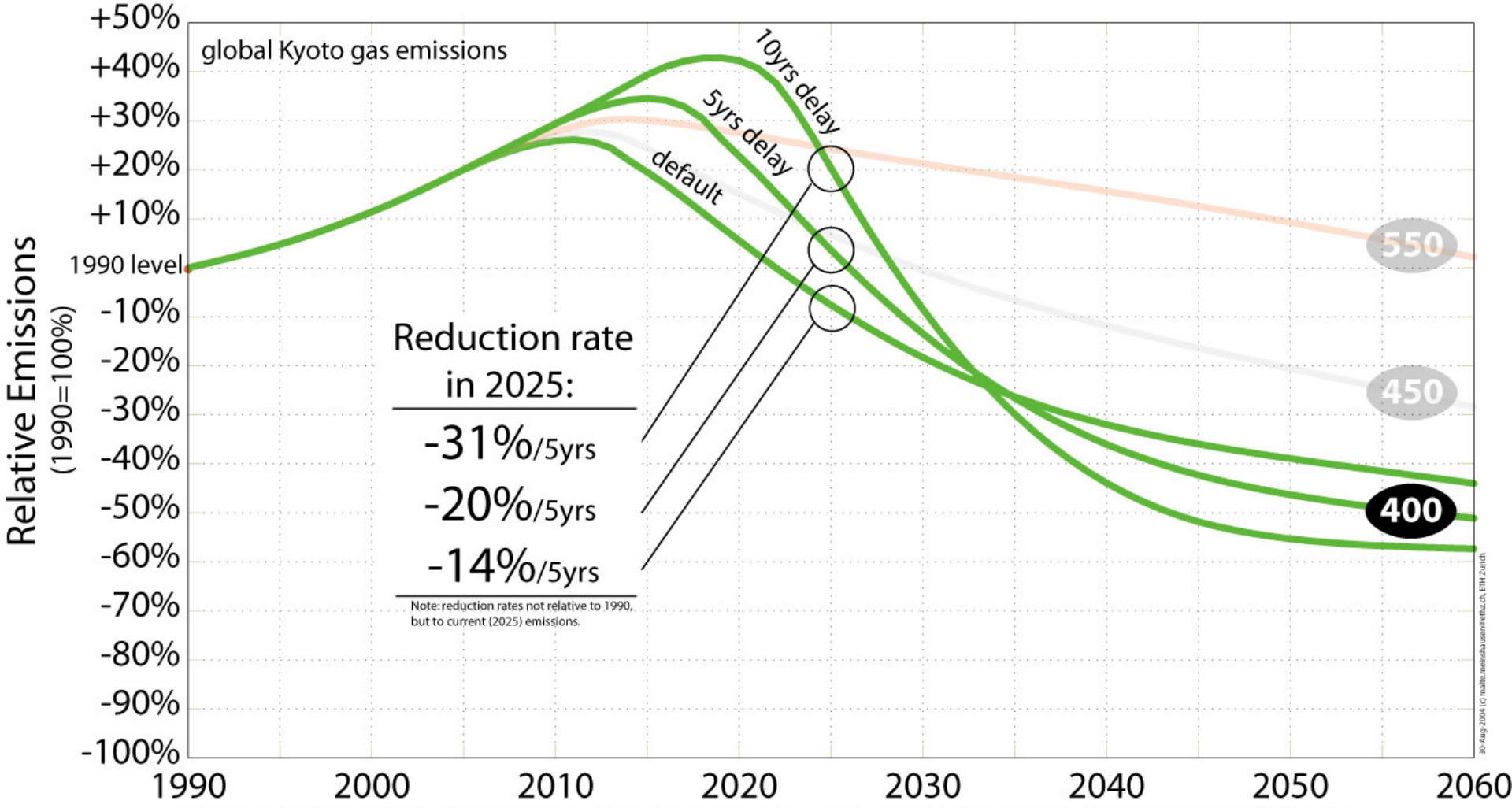
Impianti multifunzionali: Bonifica e miglioramento ambientale:



- Piantagione di salici (100 ha) irrigata con acqua di scarico urbano

- Produzione di biomassa per la centrale elettrica (5 GWh all'anno)

Più tardi si agirà, maggiori saranno le difficoltà (e i costi.....)



Note: (a) The S550Ce, S450Ce, and S400Ce stabilization scenarios are based on the EQW multi-gas emission pathways method, which builds on the gas-to-gas correlations within the pool of 54 SRES and Post-SRES scenarios (Meinshausen et al. submitted).
(b) Landuse CO_2 emissions are sharply decreasing in the default scenarios. If constant CO_2 emissions from the landuse sector were assumed, the emission reductions of the Kyoto-gases (fossil CO_2, Methane, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6) have to be more pronounced. Alternatively, if emission allowances were given to avoided landuse emissions, overall emission allowances for the Kyoto-gases would have to be reduced accordingly (solid line).
(c) Delay profiles were calculated by assuming a 5 or 10 delay in global action. In the illustrative default scenarios, OECD and REF regions are assumed to enter stringent emission reductions by 2010, and ASIA and ALM by 2015.

Grazie per l’attenzione