



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali

TESI DI LAUREA IN:

“TECNOLOGIE FORESTALI ED AMBIENTALI”

**“URBAN FORESTRY E STIMA DEL CARBONIO:
ANALISI DI LINEE GUIDA E CALCOLO IN ZONA URBANA
COME APPLICAZIONE ED OPPORTUNITÀ PER
L’ UNIVERSITÀ DI PADOVA”**

Relatore:

Prof. Paolo Semenzato

Correlatore:

Prof. Davide M. Pettenella

Laureando:

Stefano Crema

n. matr. 502860

Anno Accademico

2007/2008

***“Even if I were certain that the world would end tomorrow, I would
plant a tree this very day”***

- Martin Luther King, Jr.

**“URBAN FORESTRY E STIMA DEL CARBONIO:
ANALISI DI LINEE GUIDA E CALCOLO IN ZONA URBANA
COME APPLICAZIONE ED OPPORTUNITÀ PER
L’ UNIVERSITÀ DI PADOVA”**

*... a CHI
in Cielo ed in terra
mi ha dato la possibilità
di tutto questo .*

Sommario

Introduzione	10
1 Metodi: analisi del modello	14
Il modello	14
Analisi del modello	14
1 Urban forest and climate change.....	14
1.1 Cos'è il cambiamento del clima?	14
1.2 Le attività umane ed il cambiamento del clima.....	15
1.3 Come le foreste urbane possono influenzare la CO ₂ atmosferica ...	16
1.3.1 Sequestro di CO ₂	16
1.3.2 emissioni evitate	20
1.3.3 rilascio di CO ₂	23
1.3.4 riduzione netta di CO ₂	24
1.4 Potenziali costi e riduzioni di CO ₂	25
1.5 Benefici ausiliari dei programmi dei programmi di impianto.....	28
2 Metodi: linee guida d'impianto	30
2.1 Program design and implementation.....	30
2.2 Progettazione e consegna del programma.....	30
2.3 Linee guida - alberi in zone residenziali	32
2.3.1 ubicazione per il controllo della radiazione solare	32
2.3.2 ubicazione per il controllo del vento.....	34
2.3.3 selezione	35
2.4 Linee guida – alberi in luoghi pubblici	37
2.4.1 ubicazione e selezione	37
2.5 Linee guida – mettere a dimora alberi sani per ottenere benefici di lungo periodo	40
2.6 Aumentare l'efficacia finanziaria del programma	42
2.6.1 aumentare i benefici della riduzione di CO ₂	42
2.6.2 ridurre i costi del programma	43
3 Metodi: linee guida per il calcolo delle riduzioni di CO₂ con i programmi di selvicoltura urbana.	46

3.1	Introduzione.....	46
3.2	Chi dovrebbe usare queste linee guida?	46
3.3	FAQ (Domande frequenti)	47
3.3.1	quanto tempo richiede un analisi?.....	47
3.3.2	come conoscere i dati da raccogliere?	47
3.3.3	si possono raccogliere i dati in un foglio di calcolo?	48
3.3.4	che unità di misura si usano?	48
3.3.5	quanto accurati sono i risultati?.....	48
3.4	Forma Breve o Forma Lunga?.....	49
3.4.1	Forma Breve	49
3.4.2	Forma Lunga	49
3.4.3	Forma Breve e Forma Lunga: diagramma di flusso	50
3.5	Raccolta ed archiviazione dei dati	51
3.5.1	copiare i dati di input.....	53
3.5.2	dati di <i>background</i>	53
3.5.3	dati del sito e degli edifici	53
3.5.4	dati sugli alberi.....	56
3.5.5	costi d’impianto e manutenzione	61
3.5.6	copia delle tavole e dei fogli di lavoro	62
3.5.7	uso energetico degli edifici ed adattamenti locali.....	62
3.5.8	tavola di raccolta per la forma lunga ed effetti di evitazione di CO ₂	65
3.6	Calcolo della riduzione e del rilascio di CO ₂ per alberi maturi	67
3.6.1	foglio di lavoro 1.....	67
3.7	Calcolo della riduzione e del rilascio di CO ₂ per 40 anni	68
3.7.1	foglio di lavoro 2.....	68
3.8	Calcolo del costo per tonnellata	73
4	Risultati.	76
	Applicazione di un programma.	76
4.1	Programma esistente a Tucson, Arizona.....	76
4.1.1	Dati sugli edifici e sul sito.	78
4.1.2	Dati sugli alberi, risultati e considerazioni sul progetto.	79
5	Caso di studio: Padova, zona universitaria	86
5.1	Descrizione zona ed obiettivi.....	86

5.2 Materiali e metodi.....	88
5.3 Risultati.....	98
5.4 Discussione e considerazioni gestionali.....	105
5.5 Conclusioni.....	109
Ringraziamenti.....	114
Bibliografia.....	115

Introduzione

*“Un vero uomo, per essere tale, deve costruire una casa,
dar vita ad un figlio e piantare un albero”.*

(proverbio polacco)

Le preoccupazioni riguardanti il cambiamento climatico globale hanno portato a un aumento di interesse nel ridurre le concentrazioni di diossido di carbonio atmosferico (CO₂). I sostenitori di metodi per l'analisi di sensitività hanno proposto una sorta di commercio dei crediti di carbonio come un'opzione (Zhang e Folmer, 1995; Ellerman et. al., 1998; Petty e Ball, 2001). Questo mercato permette ad industrie che non possono ridurre facilmente le emissioni di CO₂, di comprare crediti (ogni credito equivale ad 1t di CO₂) dalle industrie che sono riuscite a ridurre il loro livello di emissioni più di quanto richiesto. In teoria il mercato è un approccio economico al problema per certe industrie perché costerebbe di più per loro ridurre le emissioni che non comprare crediti. Le società possono inoltre scegliere di investire in progetti di riforestazione finalizzati alla rimozione di CO₂ dall'atmosfera. Nei mercati su base volontaria si parla tipicamente di riduzione però, non di credito, ma le unità di misura rimangono sempre tonnellate di CO₂. In maniera simile, quando viene ridotta l'emissione di altri gas serra (metano, CFC, PFC, NO_x etc.) vengono trasformati in unità chiamate “carbonio equivalente” e possono così esser commerciate.

I primi sistemi di mercato delle emissioni furono stabiliti nel 2000 (Petty e Ball, 2001) ed il 16 febbraio 2005 il protocollo di Kyoto, che recepisce la *Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici*, adottata il 9 maggio 1992 e ratificata dall'Italia con legge 15 gennaio 1994, n. 65, prese ufficialmente effetto stabilendo un mercato delle emissioni accreditato internazionalmente (Art.17 del protocollo: *“La Conferenza delle Parti definirà i principi, le modalità, le norme e le linee guida pertinenti, in particolare per la*

verifica, la preparazione dei rapporti e la contabilità relativa al commercio dei diritti di emissione. Le Parti incluse nell’Allegato B potranno partecipare al commercio di diritti di emissione al fine di adempiere agli impegni assunti a norma dell’articolo 3. Ogni scambio di questo tipo sarà integrativo delle misure adottate a livello nazionale per adempiere agli impegni quantificati di limitazione e riduzione delle emissioni previsti dal presente articolo.”). Gli Stati Uniti non sottoscrissero il trattato che richiedeva la ratifica di ogni nazione per ridurre le emissioni di gas serra sotto il livello del 1990. Il trattato è in ogni modo, adottato e sostenuto a livello globale e molte compagnie americane operanti in tutto il mondo sono interessate alla sua implementazione.

I gestori di aree verdi urbane stanno considerando se i progetti di impianto di alberi in aree urbane possano esser finanziati attraverso il mercato del carbonio, specialmente dal momento che ora è un mercato accreditato a livello internazionale. L’impianto di alberi è stato considerato un metodo per ridurre la CO₂ in atmosfera perché gli alberi sequestrano CO₂ ed accumulano carbonio nella loro biomassa attraverso il processo di assimilazione (Trexler, 1991). Molti studi dimostrano che gli alberi in centri urbani possono inoltre ridurre le concentrazioni di CO₂ atmosferica influenzando l’uso di energia (Rowntree e Nowak, 1991; Nowak, 1993; McPherson, 1998). Quando gli alberi sono collocati vicino alle abitazioni influenzano direttamente l’uso di energia attraverso l’ombreggiamento o la funzione frangivento. Gli alberi quindi, influenzano indirettamente i risparmi di energia (derivante perlopiù da combustibili fossili che rilasciano CO₂) attraverso i loro effetti di mitigazione del microclima; mantengono le città più fresche in estate grazie all’ombreggiamento offerto ed alla traspirazione, e più tiepide in inverno “bloccando” i venti (McPherson e Simpson, 2000; Jo e McPherson, 2001).

Nonostante le alberature urbane influenzino le concentrazioni di CO₂ atmosferica in questi due modi e che spesso si sia ritenuto che

dovessero entrare a pieno titolo nel mercato dei crediti del carbonio, vi sono altre esigenze da soddisfare richieste dagli accordi di mercato. I progetti di crediti di carbonio infatti devono essere commerciabili, quantificabili e efficaci in termini di costi. Gli investitori richiedono inoltre evidenza del fatto che la riduzione di carbonio atmosferico non sarebbe facilmente ottenibile senza il supporto di questi *urban trees*.

La proliferazione di strumenti disponibili per quantificare i benefici prodotti dalle alberature urbane è indicatore della loro potenziale commercializzazione nel mercato dei crediti di carbonio. Studi recenti hanno dimostrato che le alberature urbane forniscono un beneficio netto alle comunità, riducendo la concentrazione di CO₂ atmosferica, migliorando la qualità dell'acqua, aumentando il valore patrimoniale di zone con alberature rispetto a zone che ne sono prive, così come forniscono molti benefici sociali e psicologici ai residenti (Dweyer et al., 1992; McPherson et al., 1997; McPherson et al., 1999 e McPherson et al., 2003). Grazie al fatto che in città le alberature, in particolare quelle su suolo pubblico, sono gestite, e facilmente valutabili, il carbonio fissato da questi alberi è pressoché quantificabile. Stimare però la riduzione di emissioni associata all'effetto di mitigazione del microclima ed al risparmio di energia è più difficile da misurare anche se potrebbe essere considerato come un beneficio supplementare. Inoltre i programmi di forestazione in ambito urbano godono notoriamente di pochi fondi così da spingere i gestori a ricercare finanziamenti magari presso altri enti o finanziatori dal momento che è importante di certo l'impianto di questi alberi, ma soprattutto è necessaria una corretta manutenzione in quanto i danni maggiori a queste piante sono dovuti alla mancanza di cura.

La preoccupazione più grande riguardante i progetti di impianto di alberi in aree urbane e l'interrogativo che ci poniamo è se questi progetti siano investimenti efficienti in termini di costi. Capire poi quali variabili influenzino in maniera preponderante l'efficienza di questi programmi potrebbe aiutarci nel capire se possiamo

intervenire con scelte gestionali per migliorar il progetto oppure se variabili non controllabili come il clima, giochino un ruolo preponderante nel determinare il potenziale inserimento di tali progetti nei mercati dei crediti di carbonio. Per i gestori del verde urbano è inoltre importante sapere come creare potenzialmente nuovi progetti ancora più efficienti in termini di costi; anche se i progetti non raggiungessero il mercato, questi studi sono di grande interesse per i gestori di enti pubblici che su base volontaria cercano di minimizzare le emissioni dell'intera comunità facendo anche un bilancio di quote di carbonio guadagnate ed emesse.

L'obiettivo di questo lavoro è inizialmente quello di usare un modello basato sull'analisi di sensitività per valutare l'efficacia economica di progetti di impianto di alberi in zone urbane. Le domande chiave sono: possono questi progetti costituire investimenti efficienti? e quali variabili influenzano maggiormente l'efficienza di questi costi? I valori delle variabili del modello usato sono influenzati poi, nel mondo reale da un range di fattori sociali, perciò, con questo studio, si mira a comparare i casi di studio empirici con l'efficienza potenziale quantificata attraverso l'analisi di sensitività. A conclusione dell'elaborato poi, sarà riportato un caso di studio svolto nel contesto urbano di Padova, in zona universitaria. Si condurrà l'analisi dei dati di un censimento arboreo campione, grazie all'utilizzo di equazioni e con l'ausilio di software. I risultati poi saranno commentati nell'ottica di estrapolare le varie funzioni ma soprattutto la quantificazione dei risparmi in termini di CO₂ derivanti dall'arredo arboreo urbano. L'auspicio principale è quello di dirigere la progettazione di edifici verso una maggior sinergia con la progettazione del verde in modo tale da riuscir ad ottenere un risparmio quantificabile ed un'ottimizzazione delle risorse.

1 Metodi: analisi del modello

Il modello

Il modello di riferimento “*Carbon dioxide reduction through urban forestry*” (McPherson and Simpson, 2000) consiste in una serie di calcoli che predicono i costi totali in termini monetari, il carbonio totale accumulato ed il risparmio di energia correlato alle emissioni di carbonio per un periodo di 40 anni considerato come durata di progetto.

Analisi del modello

1 Urban forest and climate change

1.1 Cos'è il cambiamento del clima?

I gas che compongono l'atmosfera intrappolano il calore portato dai raggi del sole creando un naturale “effetto serra” che rende possibile la vita sulla terra. Le recenti attività umane hanno portato ad un accumulo di gas serra (GHGs) in atmosfera. La temperatura media globale dell'aria sulla superficie terrestre è aumentata di 0.3-0.6 °C a partire dal 1990 (Hamburg et al., 1997). Evidenza di tale incremento è costituita inoltre dalle osservazioni sull'aumento del livello dei mari, sul restringimento delle superfici dei ghiacciai e sull'aumento della temperatura sotto il livello del terreno.

L'aumento medio previsto per il 2100 (1-3.5 °C) probabilmente sarà il più elevato degli ultimi 10,000 anni, comunque l'aumento varierà in funzione della regione climatica di appartenenza. La frequenza e la durata di eventi climatici estremi come gli uragani attualmente sembra aumentare ed il riscaldamento globale porterà ad un aumento di precipitazioni sottoforma di pioggia piuttosto che di neve, anche in periodo invernale, accelerando così i processi di perdita di suolo mediante *runoff*. Durante l'estate d'altro canto i periodi di siccità saranno accentuati aumentando il rischio

d'incendio, il rischi per le piante di morte da stress, ed inoltre aumentando la quantità di inquinanti a livello del terreno come l'ozono (smog) dal momento che l'accrescere della temperatura accelera le reazioni chimiche.

Senza le intense attività umane con le loro emissioni, la terra mantiene un delicato equilibrio di GHGs. Questi gas sono rilasciati e rimossi dall'atmosfera da una varietà di fonti naturali quali ad esempio la decomposizione della materia organica e degli alberi morti che annualmente rilasciano 196 miliardi di tonnellate di biossido di carbonio (CO₂) (Hamburg et al., 1997). Queste emissioni di CO₂ sono quasi bilanciate da processi fisici e biologici che rimuovono la CO₂ stessa, le acque degli oceani e la crescita delle piante costituiscono serbatoi naturali e riserve di CO₂. Approssimativamente il 97% del totale delle emissioni di CO₂ si verificherebbe ugualmente anche se gli uomini non fossero presenti sulla terra.

1.2 Le attività umane ed il cambiamento del clima

Sebbene le attività umane contribuiscano con una piccola percentuale all'aggiunta di GHGs in atmosfera (circa il 3% delle emissioni totali naturali annue) ciò è abbastanza per eccedere l'effetto equilibrante svolto dalle riserve naturali di CO₂. tra i vari GHGs i due più importanti sono il biossido di carbonio (CO₂), prodotto da varie combustioni, ed il metano (CH₄) prodotto per esempio da decomposizione di rifiuti in discariche. Il nostro lavoro si concentrerà sulla CO₂ in quanto le foreste, con il loro accrescimento possono accumular carbonio nei loro tessuti, oltre che utilizzarlo per i processi di fotosintesi.

Le aree urbane sono centri dove viene consumata una grande quantità di energia e rilasciate grandi entità di CO₂. controllare le emissioni di GHGs per proteggere il clima può creare molteplici benefici (ICLEI, 1997). In particolare misure che incentivino l'efficienza energetica possono fornire risparmi in termini finanziari

oltre che fungere da catalizzatore per lo sviluppo dell'economia locale ed aumentare la vivibilità dei centri urbani. L'impianto strategico di alberi in zone urbane è stato adottato come misura di riduzione delle emissioni di GHGs da parte di diverse città nordamericane (campioni su cui si basa questa tesi), città che hanno inoltre deciso di far un inventario ed un bilancio delle loro emissioni. Già vi sono buone prospettive nel medio periodo di riduzione di qualche punto percentuale nelle emissioni grazie a questi impianti strategici.

1.3 Come le foreste urbane possono influenzare la CO₂ atmosferica

Le foreste urbane possono ridurre la CO₂ atmosferica in due modi. Finché le piante crescono, l'assorbimento di CO₂ attraverso la fotosintesi è maggiore della quantità rilasciata mediante la respirazione, ottenendo quindi una riduzione netta di CO₂. Inoltre gli alberi attorno agli edifici possono ridurre la domanda di riscaldamento e condizionamento, riducendo così le emissioni associate alla produzione di energia elettrica. D'altra parte però viene rilasciata CO₂ dai veicoli, dalle motoseghe e da altre attrezzature durante i processi di impianto e manutenzione degli alberi. Un altro fattore di emissione di CO₂ è costituito dalla decomposizione della biomassa legnosa dopo l'inevitabile morte degli alberi, nondimeno però una foresta urbana può costituire un'importante riserva di CO₂ e soprattutto con l'aumento delle chiome e dell'ombreggiamento, può ridurre la domanda di energia per riscaldamento e condizionamento.

1.3.1 Sequestro di CO₂

Il sequestro di anidride carbonica fa riferimento all'ammontare annuale di CO₂ accumulata nella massa epigea ed ipogea della pianta. Durante la fotosintesi la CO₂ atmosferica entra attraverso i pori delle foglie, si combina con l'acqua, ed è trasformata in cellulosa, zuccheri, ed altri prodotti, mediante reazioni chimiche catalizzate

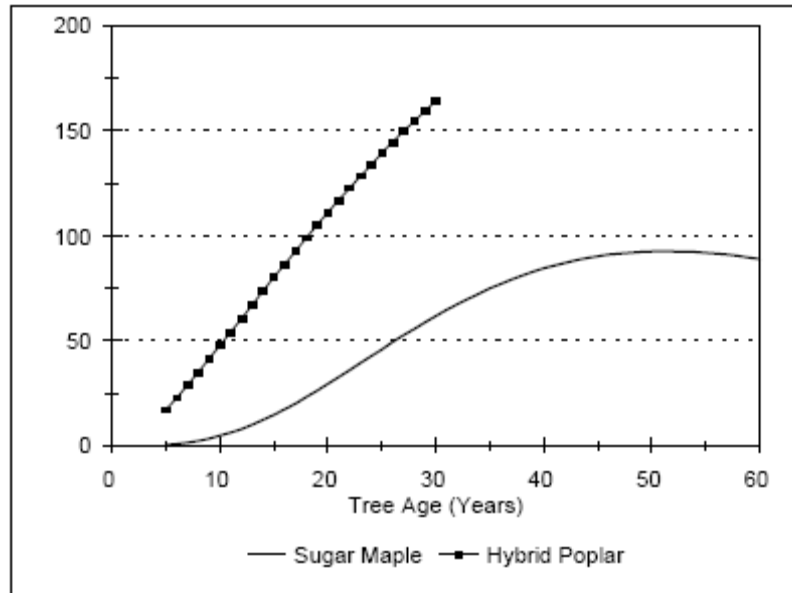
dalla luce solare. Molti di questi prodotti vengono fissati nei tessuti legnosi della pianta anche se una parte viene respirata o usata per costituire, ad esempio, foglie che saranno poi perse dalla pianta (Larcher, 1980).

La quantità sequestrata dipende dalla crescita e dalla mortalità, che a loro volta dipendono dalla specie, dall'età, dalla struttura e dal grado di salute della foresta. Foreste giovani accumulano CO₂ rapidamente per diversi decenni, prima che l'incremento annuale di CO₂ decresca (Harmon et al., 1990), mentre le cosiddette “*old growth forests*”, cioè le foreste di “vecchia” crescita o vergini possono rilasciare una quantità di CO₂ derivante dalla decomposizione di biomassa morta, pari alla quantità fissata con la nuova crescita; inoltre le piante sottoposte a vari stress come stagioni aride e secche possono perdere la normale capacità di fissare CO₂ chiudendo gli stomi per evitare la disidratazione.

Le piantagioni in ambiente rurale, grazie alla loro maggiore densità accumulano una quantità di CO₂ per unità di superficie circa doppia (4-8 t/ha) rispetto a quelle in ambito urbano (Birdsey, 1992), in ogni caso però la crescita riferita al singolo albero, è maggiore in ambito urbano dato che ogni pianta dispone di ampia superficie. Per calcolare le diverse quantità di CO₂ sequestrate sono stati usati dati riguardanti le crescite diametriche (Jo & McPherson, 1995; Nowak, 1994). L'accumulo può variare da 16Kg/yr per piccoli alberi (8-15cm) a lenta crescita, fino a circa 360Kg/yr per alberi più grandi ed al loro ritmo massimo di accrescimento.

Anche se gli alberi a rapido accrescimento inizialmente accumulano più CO₂ rispetto agli altri questo vantaggio può essere perso se la morte avviene in giovane età. La *fig.1* con la relativa didascalia è una chiara dimostrazione di tale fatto.

Fig. 1- Growth rate and life span influence CO₂ sequestration. In this example, the total amount of CO₂ sequestered over 60 years by the slower growing maple (3,225 kg) is greater than the amount sequestered by the faster growing but shorter-lived poplar (2,460 kg). Growth curves and biomass equations used to derive these estimates are based on data from urban trees (Frelich 1992, Pillsbury and Thompson, 1995).



La sopravvivenza delle alberature ed in generale delle piante in ambito urbano poi, è un'altra importantissima variabile che influenza la capacità di trattenere carbonio nel lungo periodo. Il tasso di mortalità per le alberature stradali e quelle in zone residenziali è sull'ordine di 10-30% per i primi cinque anni e poi dallo 0.5 al 3% per ogni anno seguente (Miller and Miller, 1991; McPherson, 1993). Un possibile rimedio per minimizzare le perdite consiste nel selezionare specie adatte al sito di impianto; se la scelta cadesse su specie non adatte, queste andrebbero facilmente in stress con ritmi lenti di crescita e quindi poco efficienti anche per la finalità di sequestro di CO₂.

Ripartizione della CO₂ accumulata nelle piante. Per un tipico albero in bosco le frazioni di CO₂ accumulate sono collocate per il 51% nel tronco, 30% rami, e 3% in foglie (Birdsey, 1992). Le radici grosse ($\phi > 2\text{mm}$) accumulano circa il 15-20% del carbonio totale, mentre nelle radici fine vi è una quantità di carbonio comparabile a

quella delle foglie (Hendrick and Pregitzer, 1993). Gli studi sull'accumulo di carbonio nelle alberature urbane invece sono stati affrontati ancora in maniera non ampia; in ogni caso, qui di seguito si riporta uno studio condotto su un *Pyrus calleryana* in cui si evidenzia che la CO₂ accumulata nelle foglie è il 10.6% rispetto al 3.6% di un albero in bosco. Questo fatto si spiega grazie alla ridotta competizione in città, alla concimazione ed all'irrigazione. In questo esempio il pero contava circa 89'000 foglie con una superficie totale equivalente a quattro muri ed un tetto di un tipico appartamento di un piano (con superficie di circa 93 m²).

tab. 1-Data from a 9 year old open-growing Bradford pear tree (*Pyrus calleryana* 'Bradford') in Davis, CA. (from Xiao, 1998).

Tree data	SI units	English units
Tree dbh	22.1 cm	8.7 in
Tree height	8.5 m	27.9 ft
Average crown spread	5.7 m	18.8 ft
Crown projection area ¹	25.7 m ²	276.1 ft ²
Leaf area	178.6 m ²	1,923 ft ²
Leaf area index ²	6.9	
Number of leaves	88,908	
Stem area	41.4 m ²	445.6 ft ²
Stem area index ³	1.6	
CO ₂ - foliar ⁴	36.2 kg	79.8 lb
CO ₂ - trunk	164.8 kg	363.3 lb
CO ₂ - branches + stems	141.6 kg	312.3 lb
CO ₂ - total aboveground	306.4 kg	675.6 lb

¹ Crown projection area is area under tree dripline.

² Leaf area index is ratio of leaf area (one side) to crown projection area.

³ Stem index area is ratio of stem area (all sides) to crown projection area.

⁴ CO₂ was calculated for aboveground biomass as 50 pct of measured dry weight and multiplied by 3.67 to convert from carbon to CO₂.

L'ammontare totale di CO₂ accumulata negli alberi in una foresta urbana dipende comunque da diverse variabili come la densità di copertura già esistente, lo schema e la densità d'impianto. Per esempio nella città di Sacramento, Calif. con un alta densità

d’impianto, la CO₂ stoccata è 172 t/ha, mentre il valore nella meno densamente piantata Oakland, Calif. scende a 40 t/ha (McPherson, 1998a; Nowak, 1993).

1.3.2 emissioni evitate

Impatti sul riscaldamento ed il condizionamento degli ambienti.

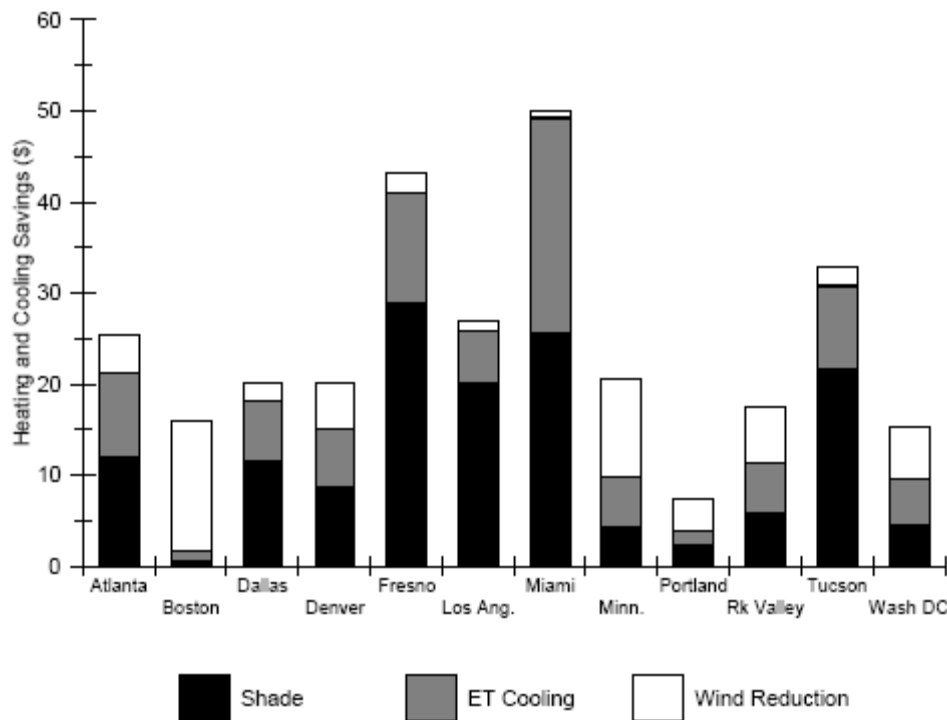
L’ombreggiamento prodotto dagli alberi riduce la domanda estiva di energia per il condizionamento, ma si corre il rischio, per esempio piantando specie sbagliate, di far aumentare la richiesta di riscaldamento invernale dal momento che i raggi del sole possono venir intercettati dalle chiome. L’aumento di copertura vegetale fa decrescere sia la temperatura dell’aria che la velocità del vento facendo così diminuire sia la domanda energetica per il riscaldamento che quella per il condizionamento. I benefici di risparmio energetico derivanti dagli alberi piantati attorno a tipici edifici residenziali sono stati misurati in campo e misurati con simulazioni al computer (Parker, 1983; Meier, 1990/91). Simulazioni condotte in 12 città degli U.S.A. hanno dimostrato che i risparmi annui di energia per il condizionamento ottenibili da una pianta (latifolia) ben posizionata alta circa 7.6 m variano da 100 a 400 kWh (10-15%) ed i risparmi sulla domanda di picco variano tra gli 0.3 e gli 0.6 kW (8-10%) (McPherson and Rowntree, 1993) (*fig.2*).

I livelli più alti di risparmio in tutte le città, si traggono da una pianta collocata sul lato ovest dell’abitazione, mentre latifoglie poste a sud aumentano la domanda di riscaldamento più di quanto non diminuiscano il carico richiesto per il raffreddamento. Piantare la specie sbagliata al posto sbagliato può quindi aumentare la domanda energetica di un certo edificio. Il contributo dell’evapotraspirazione (ET) al totale dei risparmi energetici sul condizionamento, è stato considerato inferiore, a causa della complessità del fenomeno, rispetto al più evidente contributo fornito dall’ombreggiamento; in

generale l’ ET incide per circa 1/3-2/3 sul totale del contributo al condizionamento (McPherson & Simpson, 1995).

Heisler (1986, 1990), stimò che un frangivento può ridurre la domanda energetica di riscaldamento per una tipica abitazione dal 5 al 15%, per alberi singoli la percentuale varia tra 1 e 3% (0.15-5.5 milioni di Btu) per una tipica casa energeticamente efficiente. A livello nazionale le simulazioni per un albero (latifoglia) di 7.6 m collocato in maniera ottimale vicino ad una casa ben coibentata hanno portato ad un risparmio annuo compreso in un range tra 5-50\$ (5-20%).

fig.2-Simulated total annual heating and cooling savings due to shade from one 7.6-m (25-ft) tall tree and ET cooling and wind reduction effects assumed to be associated with a 5 percent increase in local tree cover (McPherson and Rowntree 1993).



Impatti sulle caratteristiche degli edifici. La quantità di CO₂ risparmiata negli edifici residenziali dipende da vari fattori che a loro volta influenzano le caratteristiche di uso energetico delle abitazioni quali ad esempio l’integrità termica, la ventilazione, i dispositivi per il condizionamento ed il comportamento degli inquilini. Simulazioni

annuali condotte per stimare i risparmi energetici (kWh) su abitazioni ben coibentate portano a valori che costituiscono il 35-55% dei risparmi per le stesse abitazioni non ben coibentate (Simpson and McPherson, 1996). Allo stesso modo la componente di ET e frangivento diventa un beneficio importante in edifici non ben isolati e quindi soggetti ad infiltrazioni mentre in generale, per edifici termicamente efficienti la componente di beneficio dovuta all'ombreggiamento è la più consistente bloccando direttamente i raggi che entrerebbero attraverso le finestre.

Impatti del clima e del tipo di carburante. La quantità di emissioni evitate sembra esser più contenuta nelle regioni costiere dove l'energia consumata per riscaldamento e condizionamento è minore rispetto alle località interne. I risparmi potenziali sono maggiori nelle aree dove i carichi di condizionamento sono maggiori come ad esempio al sud. Questo perché le emissioni di CO₂ associate alla produzione di energia elettrica per i condizionatori sono più consistenti in genere di associate alla combustione di carburanti come il gas naturale usato per il riscaldamento. Infatti il gas naturale deriva la sua energia dalla combustione dell'idrogeno piuttosto che del carbone e quindi ha emissioni di CO₂ più contenute rispetto a quest'ultimo (circa metà). Da queste considerazioni si evince che grossi risparmi di gas per riscaldamento si traducono in piccole riduzioni di CO₂ se comparate a quelle derivanti dal condizionamento e dall'energia elettrica utilizzata per tale scopo. Riassumendo i benefici di una selvicoltura urbana volta alla riduzione di emissioni di CO₂ sembrano essere grandi in regioni con un numero elevato di edifici climatizzati ed una lunga stagione calda; inoltre i risparmi sono consistenti dove il carbone è ancora la prima fonte energetica per la produzione di energia elettrica.

CO₂ evitata/ CO₂ emessa: proporzioni. Per la foresta di Sacramento è stato riportato un fattore di 1:3 (McPherson, 1998a). Proporzioni di 15:1 e 4:1 sono state previste per i programmi nazionali di

selvicoltura urbana (Akbari et al., 1990, Nowak, 1993), comunque sono stati riportati anche valori molto bassi come 1:28 per Chicago ad esempio. Questi ultimi valori però sono dovuti in parte al tipo di energia usata nella zona (e.g., idroelettrica, da gas naturali ed energia nucleare); abbattendo così le emissioni di CO₂ all’origine. differenti proporzioni poi riflettono pure le diverse collocazioni delle piante in città; ovviamente piante collocate in maniera strategica offrono un fattore più efficiente rispetto a piante collocate “a caso”.

1.3.3 rilascio di CO₂

Poco si conosce riguardo alle emissioni di CO₂ derivanti dall’attività di impianto e di cura delle piante. In media gli alberi in foresta impiegano 30-60 anni per “scompare” completamente trasferendo il carbonio accumulato all’humus del suolo, ai microrganismi e all’atmosfera. La componente di CO₂ rilasciata varia con le caratteristiche del legno, il destino dello stesso (e.g., pannelli, cippato, pacciamature, bruciato), e le condizioni climatiche locali.

Le radici contengono circa il 18-24% del carbonio totale nelle foreste mature e le radici fini si decompongono molto più velocemente di quelle grosse. Si è stimato che circa il 20% del carbonio accumulato nelle radici viene rilasciato in atmosfera come CO₂, mentre la rimanente parte viene convertita in altre forme di carbonio permanenti al suolo (Powers, 1997).

Gli alberi urbani di solito sono rimossi immediatamente dopo la loro morte. Alcune parti come grossi rami o fusti sezionati vengono riutilizzati, venduti come legna da ardere, usato come concime o come pacciamante o bruciati *in loco*. La decomposizione può occupare un tempo di decenni. La parte recuperata sopravvive in media per circa 50 anni prima di diventare concime e così decomporsi (Norse, 1990). Il legno cippato o usato come pacciamatura decompone relativamente in breve tempo. Ad esempio il grado di decomposizione di pacciamatura nel sud della California è di circa 2-4 cm/anno

(Larson, 1997). Uno studio su lettiera di *Pinus resinosa* molto lignificata, quindi più resistente del materiale derivante dallo smantellamento di alberi urbani, ha riportato che dopo circa 4 anni, l'80% della massa originaria era già decomposta (Melillo et al., 1989), l'irrigazione poi e l'applicazione di fertilizzanti accelerano la decomposizione.

La frequenza e l'intensità di potatura influenzano pure l'ammontare di CO₂ rilasciata. Uno studio condotto a Chicago nello spazio verde residenziale ha trovato che circa il 15% della CO₂ sequestrata viene rilasciata annualmente con le potature e la conseguente decomposizione (Jo and McPherson, 1995). Selezionando specie ben adattate al sito in termini di taglia ed accrescimento, si può minimizzare la necessità di potature.

La combustione di gasolio, dei carburanti del parco macchine e degli equipaggiamenti come motoseghe, cippatori etc. costituisce un'altra fonte di CO₂ che non è stata completamente quantificata. Un'indagine condotta a Sacramento rivela che le emissioni totali del parco macchine addetto alla cura ed al mantenimento del verde urbano sono di 1,720 t di CO₂ nel 1996 equivalenti a 0.51 kg/cm d.b.h. (McPherson, 1998a). Estendendo il calcolo a tutta la contea le tonnellate risultano 9,422 cioè il 3% del totale di CO₂ evitata e sequestrata annualmente dalla foresta urbana di Sacramento. Tipicamente, il valore di CO₂ rilasciata con attività di impianto e cura degli alberi oscilla tra l'1 ed il 5% delle riduzioni totali annuali di anidride carbonica ottenute con le piante.

1.3.4 riduzione netta di CO₂

Il rilascio di CO₂ è compensato dalla quantità sequestrata nella biomassa legnosa e dalla quantità di emissioni evitate grazie alla presenza degli alberi che influenzano il riscaldamento e la climatizzazione degli edifici. Nella valutazione di un programma, la

riduzione netta di CO₂ è semplicemente la differenza tra le riduzioni di CO₂ e le emissioni della stessa , in tonnellate (t):

$$\text{Net CO}_2 \text{ Benefit} = (\text{CO}_2 \text{ Sequestered} + \text{CO}_2 \text{ Emissions avoided}) - \text{CO}_2 \text{ Released} \quad \text{(eq. 1)}$$

La riduzione netta in Sacramento e Chicago è stata stimata di 304,000 (1.2 t/ha) e 516,000 (1.5 t/ha), rispettivamente. La quantità di CO₂ emessa dai residenti (e.g., trasporti, elettricità, riscaldamento etc.) è stimata essere 17 milioni di tonnellate all’anno. L’impatto netto della foresta urbana di Sacramento nel compensare le emissioni di CO₂ è approssimativamente dell’1.8%.

Le 8 Mt (milioni di tonnellate) di CO₂ accumulate negli alberi di Sacramento, che hanno impiegato molti anni ad accumularsi sono l’equivalente di circa il 50% delle emissioni annuali della regione. Questa quantità di stoccaggio ha un effetto compensatorio maggiore rispetto ai risultati ottenuti per Chicago dove la CO₂ accumulata in biomassa arborea (20 Mt), equivale all’ammontare rilasciato dal settore residenziale per un periodo di 5 mesi (Nowak, 1994). Una tale differenza riflette variazioni locali di stili di vita, clima, uso energetico degli edifici così come una differente composizione e struttura della foresta urbana.

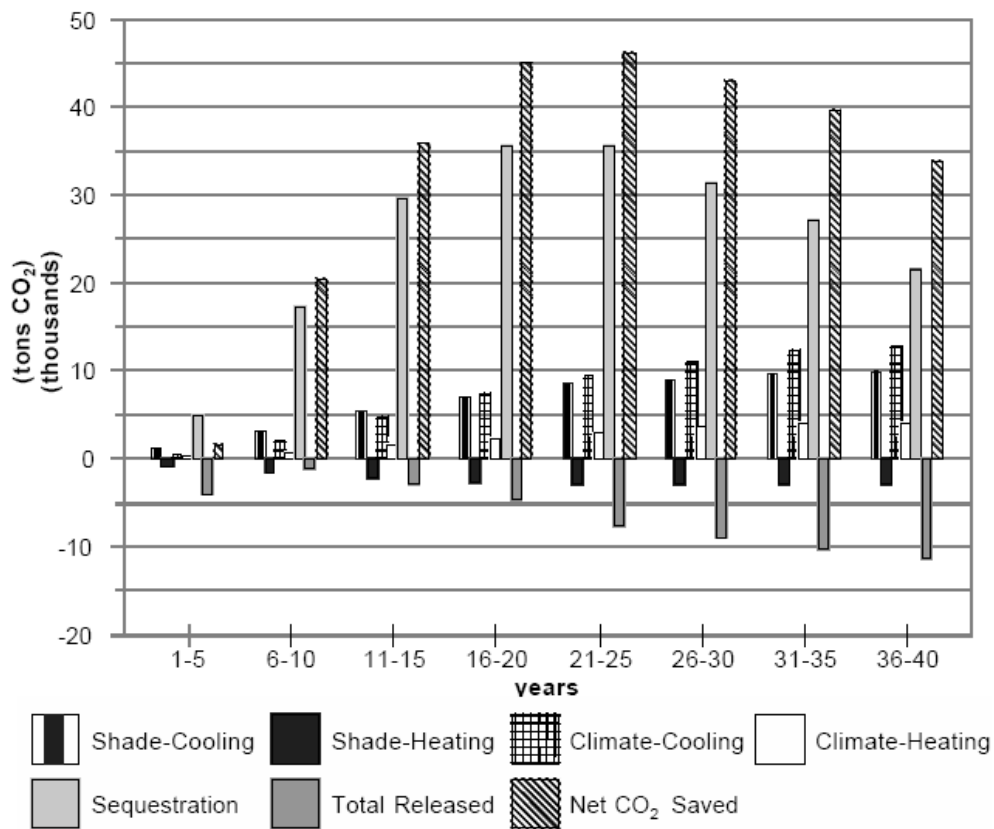
1.4 Potenziali costi e riduzioni di CO₂

Dal momento che le piante sono un investimento di lungo periodo, le decisioni dovrebbero basarsi su di un approccio sintetico e consistente che prenda in esame il flusso di riduzione e rilascio di CO₂ durante tutta la durata del progetto. Un simile approccio abbisogna di saper identificare le fonti e la quantità di CO₂ rilasciata o stoccata, così come è fondamentale indicarne i costi e l’anno in cui avvengono, lungo tutta la durata del progetto. Tipicamente, i costi del programma sono maggiori all’inizio, quando gli alberi sono acquistati

e piantati; i benefici di riduzione di CO₂ invece sono maggiori più tardi negli anni, quando gli alberi crescono vigorosamente e sono abbastanza ampi da fornire una buona ombra, una riduzione della velocità del vento e un rinfrescamento dovuto all’evapotraspirazione.

La *fig.3* illustra le riduzioni, i rilasci ed i costi di un programma denominato *Sacramento Shade program*, con un intervallo di 5 anni in 5 anni. Il grosso dei costi si assesta all’inizio del programma mentre i benefici sopravvengono dopo un certo numero di anni. I costi di mantenimento, che possono essere considerevoli, non compaiono in quest’analisi per il fatto che le operazioni di potatura, di protezione etc. venivano eseguite dai residenti che avevan piantato l’albero, e non dai servizi pubblici.

fig.3-Projected CO₂ reductions and releases from Sacramento Shade Program’s planting of 188,800 trees during 1991-95.



Nel 1995 l'associazione “Portland's Friends of Trees” sviluppò, con fondi della *Portland General Electric* un programma di impianto e di educazione di durata di 5 anni calcolando anche l'ammontare di CO₂ sequestrata ed i costi per tonnellata (Friends of Trees, 1995). Arrivarono a maturità circa 145,000 tra alberi e semenzali, coinvolgendo 40,000 volontari, piantando perlopiù in parchi, aree naturali, lungo le strade, i cortili e terreni delle scuole. A maturità si è stimato un sequestro di 73,000 t di CO₂ con un costo di circa \$31/t. A livello nazionale, l'ipotetico impianto di 100 milioni di alberi risparmierebbe 22 miliardi di kWh e, dopo 10 anni, eviterebbe emissioni di CO₂ per 33 Mt (Akbari et al., 1990). Inoltre nelle loro biomassa legnosa, le piante sequestrerebbero ulteriori 4Mt. Assumendo che le riduzioni di CO₂ accorrono dal decimo anno, ed un costo per albero, comprensivo di cure per 2 anni, di \$25, il costo per tonnellata di CO₂ risparmiata sarebbe di \$7. Questi calcoli presuppongono la sopravvivenza della totalità delle piante.

Sampson e altri (1992) stimano un'opportunità di circa 225 milioni di piante da piantare lungo le strade e su spazi privati su di un'area urbana o comunque costruita, di 50.3 milioni di acri. Trexler (1991) stimò una riduzione potenziale di 55 Mt annue di CO₂ nel caso che fossero sfruttate tutte le opportunità d'impianto, ma concluse con un range più realistico di 11-18 Mt di CO₂ per anno.

Le emissioni totali degli stati Uniti sono stimate essere circa 5.5 miliardi di tonnellate all'anno. Perciò le riduzioni annue di CO₂ ottenute con gli *Shade Tree programs* sopradescritti possono compensare circa lo 0.2-2% delle emissioni annue. Tale risparmio è modesto, specialmente se confrontato con i 3 miliardi di tonnellate all'anno (56% delle emissioni attuali degli U.S.) che un programma estensivo di impianto e gestione forestale in zone rurali può arrivare a sequestrare (Moulton and Richards, 1990.) Il costo medio per compensare il 10% delle emissioni di CO₂ (476 Mt annualmente) attraverso la gestione di foreste rurali è di circa 1-3\$ per tonnellata

variando anche in considerazione del costo di affitto dei terreni. Un siffatto ammontare viene ad esser minore rispetto al costo medio per sequestrare CO₂ ottenuto con la selvicoltura urbana considerando anche assunzioni realistiche a riguardo dei costi d’impianto, del mantenimento, e del grado di sopravvivenza. Anche se i progetti di compensazione di CO₂ basati sulla selvicoltura urbana possono non essere così efficaci finanziariamente come gli stessi in ambiente rurale, possono però produrre un’ampia gamma di ulteriori benefici sociali, economici, ambientali e politici ai servizi pubblici ed ai residenti stessi.

1.5 Benefici ausiliari dei programmi di impianto

Vi sono differenti tipi di programmi di selvicoltura urbana e può sorgere confusione nei termini. Saranno usati termini come “*Urban (o community) Forestry Programs*” e “*Shade Tree Programs*” interscambiabilmente e si farà riferimento all’impianto ed alla cura di piante finalizzati alla riduzione di livelli di CO₂. Spesso tali programmi sono *partnership* tra enti locali, servizi pubblici, volontari ed associazioni *non-profit*; si offre, dal punto di vista sociale, l’opportunità di costruire comunità migliori attraverso investimenti in forestazione urbana. Le attività di impianto e cura coinvolgono questioni che hanno a che fare con l’educazione, il vicinato, la conservazione dell’energia e dell’acqua, il miglioramento della qualità dell’aria e dell’acqua ed il riciclaggio di rifiuti naturali verdi. una ricerca del *Forest Service* suggerisce che, considerando tutti i benefici economici prodotti dagli alberi (e.g., rimozione di inquinanti, risparmi su riscaldamento e condizionamento, riduzione dell’intensità di scorrimento dell’acqua, aumento di valore delle proprietà, bellezza paesaggistica, e biodiversità), i benefici totali possono essere due o tre volte più grandi dei costi occorsi per l’impianto ed il mantenimento delle alberature (McPherson, 1995). Nel caso di Sacramento, i servizi

ambientali prodotti dai già esistenti 6 milioni di alberi sono stati valutati più di \$40 milioni all'anno (McPherson et al., 1998). inoltre, molti di questi benefici si estendono oltre il sito dove crescono le piante e vanno ad influenzare le qualità di vita nel vicinato, nella comunità e nella regione. migliorando gli ambienti locali, i servizi pubblici, gli enti locali, le associazioni *non-profit* possono prendere un ruolo di *leadership* collaborando ai programmi in questione volti a proteggere il clima globale.

fig.4-Tree planting and stewardship programs provide opportunities for local residents to work together to build better communities.



2 Metodi: linee guida d’impianto

2.1 Program design and implementation

La *Urban Forest* può diventare un importante deposito per la CO₂ attraverso impianti strategici e cure che siano volte all’aumento della chioma, al rinfrescamento delle cosiddette isole calde urbane ed al risparmio di energia per il riscaldamento ed il condizionamento. Questo capitolo fornisce informazioni circa lo sviluppo e l’implementazione dei programmi di selvicoltura urbana miranti alla massimizzazione dei benefici derivanti dalla riduzione di CO₂.

2.2 Progettazione e consegna del programma

Uno *Shade Tree Program* volto alla riduzione di CO₂ dovrebbe avere un alto livello collaborativo e comunitario. In questa sezione si fornisce una *checklist* da tenere in considerazione prima di iniziare il progetto. Per ulteriori informazioni e descrizioni riguardo *Shade Tree Programs* risultati con successo, consultare l’articolo “*Utilities Grow Energy Savings*” (Anderson, 1995).

- Stabilire il gruppo di coordinamento – Molti programmi ben riusciti hanno alle spalle gruppi ben organizzati tenendo sempre un occhio magari investitori locali, organizzazioni o servizi per l’energia, politici, scuole, volontari etc. Coinvolgere le persone nelle decisioni è essenziale per il successo del progetto.
- Tracciare una *Road Map*, avendo ben chiari obiettivi e priorità quali ad esempio:
 - Raggiungere un certo numero di impianti per anno.
 - Raggiungere una certa percentuale futura di copertura di chioma basata sugli obiettivi del corrente impianto.
 - Collocare in maniera strategica le piante per raggiungere un determinato livello di riduzione di CO₂.

- Raggiungere un grado di sopravvivenza minimo all'anno attraverso un'attiva gestione degli impianti.
- Informare il pubblico, gli enti locali, i professionisti del settore riguardo ai risparmi energetici ed alle riduzioni di CO₂.
- Coordinare gli impianti adiacenti tra pubblico e privato per massimizzare i benefici e minimizzare i conflitti.
- Lavorare con gli enti locali per sviluppare linee guida ed ordinanze che riducano il numero di alberi rimossi o danneggiati per eventuali operazioni di costruzione etc.
- Per aree rurali, coordinare le attività con i programmi di stato e federali già presenti, per aggiungere nuovi fondi.
- Supportare la ricerca per quantificare le riduzioni di CO₂ e sviluppare linee guida per le comunità.

Una volta identificati gli obiettivi generali, predisporre una scala di priorità in base per esempio ai bisogni, alle aree più adatte etc.

- Promuovere la partecipazione, non solo dei volontari, ma anche dei membri della comunità stessa.
- Provvedere ad una temporanea formazione ed assistenza in quanto l'impianto necessita di particolari conoscenze ed attrezzature. D'altro canto l'impianto stesso è un'azione molto educativa, molto più leggere od ascoltare lezioni a riguardo.
- Educare le squadre di volontari.
- Selezionare dai vivai le specie con un'elevata qualità.
- Sviluppare una lista di specie raccomandate in funzione dei siti di collocamento, della taglia a maturità, del fogliame e di altre caratteristiche.
- Impegnarsi per la cura ed il continuo monitoraggio degli impianti, cercando anche anticipatamente fondi a riguardo.

- Utilizzare strumenti come il presente scritto per la valutazione dei programmi.
- Educare il pubblico e la cittadinanza lavorando anche con i *media* locali.

L’impianto di alberi è un atto semplice ma la pianificazione, la scelta, e la mobilitazione di risorse per il mantenimento richiedono un notevole sforzo. Per una programma di successo non si possono trascurare tutte queste considerazioni per ogni singola pianta.

fig.5- The local media can be a real asset when you need to inform the public about your program.



2.3 Linee guida - alberi in zone residenziali

2.3.1 ubicazione per il controllo della radiazione solare

L’albero giusto al posto giusto risparmia energia. in piena estate, il sole colpisce i lati nordest ed est al mattino, a mezzogiorno colpisce all’ circa al di sopra dei tetti, per colpire i lati ovest e nordovest il pomeriggio. I condizionatori lavorano intensamente durante il pomeriggio con le alte temperature ed il forte irraggiamento. Perciò i

lati ovest e nordovest di un abitazione sono i più importanti da ombreggiare. Le piante vanno collocate in modo da riparare dal sole le finestre bloccando così la radiazione solare entrante senza ostruire la visione. In molti climi il lato est è il secondo in ordine di importanza da riparare (*fig.6*).

fig.6-Locate trees to shade west and east windows (from Sand 1993).



Gli alberi collocati a sud degli edifici possono bloccare l'assolamento invernale e così aumentare i costi di riscaldamento perché d'inverno il sole è più basso all'orizzonte ed illumina perlopiù il lato sud degli edifici. Il tepore prodotto dal sole invernale è un vantaggio perciò non andranno piantate piante sempreverdi che blocchino l'esposizione sud. Si consiglia l'uso di specie eliofile verso i lati sud perché i rami spogli di queste specie lasciano passare molta parte della radiazione solare invernale, mentre specie non eliofile possono intercettare una grande percentuale. Per massimizzare l'ombreggiamento estivo e minimizzare quello invernale gli alberi vanno collocati a circa 3-6 m a sud della casa. man mano che gli alberi crescono, potare i rami inferiori per consentire al sole invernale di filtrare (*fig.7*).

fig.7- Tree south of home before and after pruning (from Sand 1993).



Anche se una pianta collocata più vicina fornirebbe più ombreggiamento, le radici potrebbero danneggiare le fondazioni ed i rami potrebbero rendere difficile il mantenimento dei muri e delle finestre; una distanza di 10-15 m consente comunque di ombreggiare finestre e muri.

Anche i viali alberati stessi possono diventare assorbitori di calore e contribuire all’ombreggiamento degli edifici oltre a render i viali e gli ambienti più confortevoli e freschi.

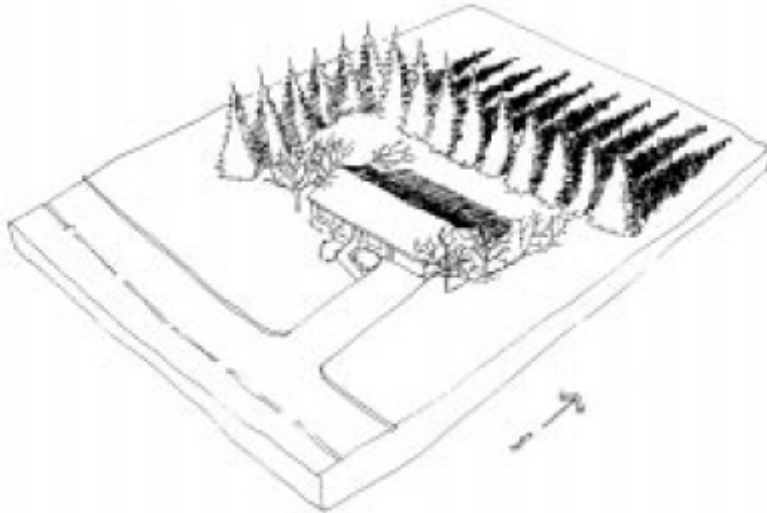
Ombreggiare il condizionatore stesso può ridurre la sua richiesta di energia ma non piantare vegetazione troppo vicino in modo da ostruirlo.

Mantenere le piante lontano a linee di alta tensione è buona prassi così come evitare di piantare in corrispondenza di falde o fognature o condotte sotterranee. Contattando i servizi pubblici si possono sapere i tracciati dei sottoservizi.

2.3.2 ubicazione per il controllo del vento

A motivo della loro taglia e struttura, gli alberi sono elementi ideali per frenare l’azione del vento. Si consiglia di collocare file di alberi perpendicolari alle direzioni dei venti principali – solitamente lato nord ed est od ovest- (*fig.8*).

fig.8- Mid-winter shadows from a well-located windbreak and shade trees do not block solar radiation on the south-facing wall (from Sand 1993).



Disegnare la fila d’impianto più lunga dell’edificio da riparare poiché la velocità del vento aumenta ai bordi dei frangivento. Idealmente il frangivento dovrebbe essere piantato sopravento a circa 15 m dall’edificio e composto di dense specie sempreverdi che dovranno crescere di più rispetto all’abitazione da proteggere (Heisler,1984; Sand, 1991). Evitare frangivento posti ai lati sud ed est degli edifici che blocchino la già debole radiazione invernale. Tra loro gli alberi dovrebbero essere posti abbastanza ravvicinati da formare uno schermo denso ma non così vicini da bloccarsi a vicenda la radiazione solare causando un eventuale autopotatura. La maggior parte delle conifere (da siepe) può essere spaziata di circa 2 metri. Mentre per eventuali più file si consiglia un’interfila di circa 4 m.

2.3.3 selezione

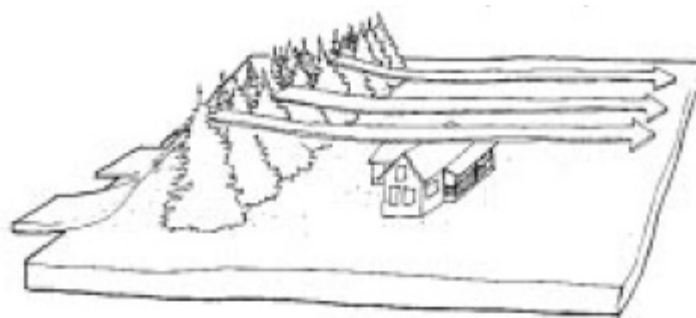
La pianta ideale per ombreggiare presenta una chioma piuttosto densa, rotonda e con le branche abbastanza ampie da ombreggiare parzialmente il tetto. Alberi caducifogli permettono al sole di filtrare attraverso i rami spogli d’inverno. L’impianto di alberi a taglia piccola è suggerito solo nel caso di vicinanza a linee d’alta tensione o altri

edifici non interessati. Alberi a portamento colonnare sono suggeriti per cortili con spazi ristretti. Dal momento che la collocazione ideale è in vicinanza dei lati est ed ovest dell’edificio gli alberi più adatti dovranno essere forti, resistenti alle malattie, agli insetti e ai danni da agenti meteorici e di altro tipo (Sand, 1994). Esempi di alberi da evitare sono le specie del genere *Populus* per via delle radici invadenti e del legno debole, il ginkgo per la forma stretta, la chioma sparsa e la lenta crescita, ed i pini per via del loro fogliame sempreverde.

Selezionando le specie, considerare il fabbisogno idrico in funzione delle condizioni e delle piante circostanti; selezionare ad esempio piante adattate ad una bassa disponibilità idrica o non necessitanti particolari cure, in zone non irrigate o frequentemente curate. Selezionare inoltre le specie in funzione del fogliame ed eventuali frutti prodotti; queste specie andranno bene dove al suolo vi è già terreno che può trasformare il tutto in lettiera, prestare più attenzione per specie da collocare nei pressi di strade. Prima della selezione, assicurarsi, possibilmente presso un professionista che le future piante siano ben adattate alle condizioni climatiche e pedologiche del sito.

Si preferiscono conifere per la funzione frangivento dal momento che assicurano una migliore protezione (*fig.9*).

fig.9-Conifers guide wind over the building (from Sand 1993).



L’albero ideale per assolvere alla funzione di frangivento è a rapida crescita, visibilmente denso, rami rigidi non soggetti ad autopotatura

(Heisler, 1984). L'abete rosso, il pino strobo, il pino silvestre, la thuja e l'abete di Douglas sono tra i migliori frangivento.

2.4 Linee guida – alberi in luoghi pubblici

2.4.1 ubicazione e selezione

Collocare gli alberi in luoghi pubblici come parcheggi, lungo le strade, aree commerciali è una buona strategia per massimizzare l'ombreggiamento sull'asfalto e sui veicoli parcheggiati riducendo così il calore accumulato e riflesso dalle superfici. Così facendo si riducono anche le emissioni di idrocarburi, agenti di smog, sottoforma evaporativa dalle macchine parcheggiate (Scott et al., 1998). Gli alberi a chioma ampia sono consigliati, facendo attenzione però che abbiano sufficiente spazio sia per la chioma che per le radici.

Dal momento che gli alberi in luoghi pubblici possono non riparare edifici dal sole e dal vento, le riduzioni di CO₂ sono dovute primariamente alla quantità di CO₂ stessa, sequestrata. Alberi a rapido accrescimento sequestrano inizialmente più CO₂ ma tale vantaggio può essere perso se la morte avviene relativamente presto. Per massimizzare il grado di sequestro, consultarsi con un professionista della zona per scegliere piante ben adattate al sito, possibilmente di taglia larga. Piante non adattate crescono poco, rischiano malattie stress etc. portando verso un bilancio della CO₂ non sufficientemente positivo. Riguardo all'ottimizzazione del collocamento delle piante nei confronti delle linee ad alta tensione, dei sottoservizi etc. valgono le considerazioni già trattate nei precedenti punti.

Si consiglia ovviamente, di evitare collocazioni che ostruiscano fortemente la pubblica illuminazione, la segnaletica stradale o anche delle belle vedute di panorama.

Questioni di pubblica sicurezza ed il grado di manutenzione richiesto dalle piante influenzano pesantemente la scelta delle specie.

L'albero ideale per i luoghi pubblici dovrebbe essere resistente al vento, alla caduta di rami, non dovrebbe richiedere frequenti potature, dovrebbe produrre poca lettiera, dovrebbe aver profonde radici, tollerare molte condizioni di suolo (specie euriecia per questi fattori), tollerare bene gli inquinanti, non richiedere frequenti irrigazioni, e presentare pochi problemi di suscettibilità ad insetti, funghi ed altre malattie. Dal momento che pochissime specie possono vantare tutte queste caratteristiche, l'importante è procedere caso per caso nel considerare i fattori più importanti nel sito d'impianto. Per esempio, le piante nei parcheggi dovrebbero essere resistenti alla siccità, non perdere facilmente rami, ed essere resistenti agli attacchi da parte di insetti (afidi) che poi lasciano essudati appiccicosi sulle auto. Diverse liste disponibili anche in rete o presso professionisti possono aiutare nella scelta (vd. tavola 1, appendice 1 del modello). Le alberature in luogo pubblico svolgono molteplici funzioni. si riporta di seguito una lista che può aiutare nel massimizzare la funzione di sequestro di CO₂:

- Fornire più spazio possibile per la messa a dimora di piante perché sia il suolo che le piante accumulano CO₂.
- Massimizzare l'uso di piante legnose, più efficienti per il nostro obiettivo rispetto ad arbusti ed erbe.
- Rimpiazzare gli alberi morti per compensare la CO₂ emessa con le operazioni di rimozione dell'albero e del ceppo tolti.
- 3Creare una diversa composizione di habitat con piante di diversa età e specie per promuovere una copertura continua di chioma.
- Selezionare specie adattate alle varie condizioni pedo-climatiche cosicché possano prosperare e consumare poca CO₂ per il loro mantenimento.
- Posizionare vicini gruppi di specie con esigenze ecologiche e di gestione simili per ottimizzare anche le cura delle alberature nella città magari divisa in settori.

- Utilizzare la lettiera come agente pacciamante così da minimizzare le quantità di fertilizzazione ed irrigazione.
- Dove possibile, utilizzare tosaerba a spinta rastrelli e seghe a mano e utilizzare professionisti della zona che non debbano fare molta strada per giungere al posto di lavoro.
- Considerare la prospettiva di durata del progetto nel selezionare le specie, quelle a rapido accrescimento sequestrano inizialmente più CO₂ ma possono non vivere a lungo.
- Preparare luoghi adatti per l’impianto di alberi in piazze, parcheggi ed altri siti difficili, per render meno lo stress iniziale e massimizzare da subito la quantità di CO₂ sequestrata.

Nelle seguenti figure si illustrano alcuni accorgimenti per ottimizzare il posizionamento delle piante.

fig.10- (a, b) Know where power lines and other utility lines are before planting. (c) Under power lines use only small-growing trees (“Low Zone”), and avoid planting directly above underground utilities. Larger trees may be planted where space permits (“Medium” and “Tall” zones) (from ISA 1992).

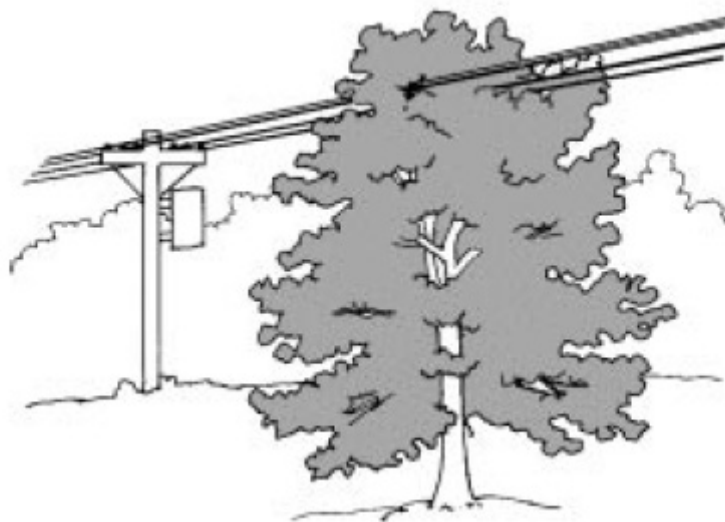


fig.10a

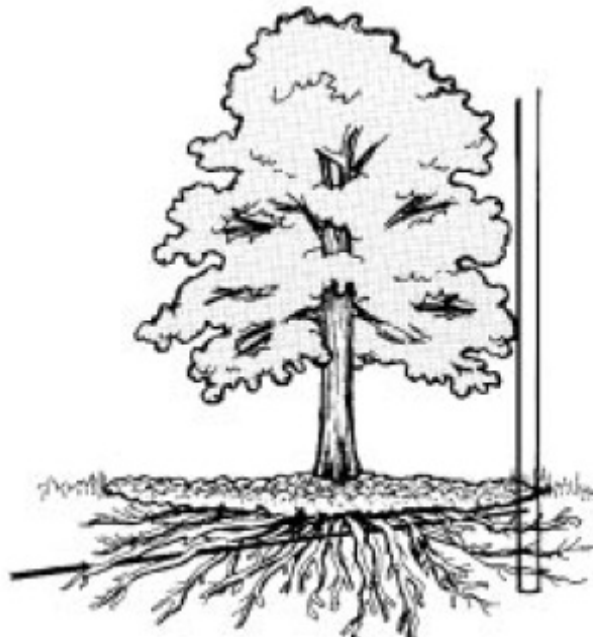


fig.10b



fig.10c

2.5 Linee guida – mettere a dimora alberi sani per ottenere benefici di lungo periodo

Controllare l'albero presso i vivai o i *gardens* prima dell'acquisto, è buona prassi per assicurarsi rispetto al grado di salute ed alla buona conformazione. Le radici dovrebbero penetrare ai lati del pane di terra basale ma non avvolgersi attorno ad esso. Evitare l'uso di alberi con un denso strato di radici che avvolgono il tronco e possono strozzare la pianta. Se la pianta presenta laschi e la terra non è compatta probabilmente l'albero non sarà ben ancorato al proprio contenitore.

Scavare la buca della stessa profondità del blocco di radici cosicché l'albero non si assesti ribassandosi dopo l'irrigazione. Il colletto del tronco dovrebbe rimanere leggermente fuori terra. Scavare la buca due o tre volte più ampia del contenitore delle radici. Riempire con suolo della zona a meno che non sia troppo sabbioso, nel qual caso si può ricorrere a torba e corteccia triturrata (*fig.11*). Dopo aver riempito la buca, con la terra rimanente creare una cresta di suolo a cerchio sopra la zona le radici. Scuotere e dondolare leggermente la pianta dopo aver innaffiato abbondantemente, affinché si assesti in sede. Annaffiare la nuova pianta due volte a settimana per il primo mese, settimanalmente poi per un paio di stagioni vegetative.

fig.11- Prepare a broad planting area and top it off with mulch and a berm to hold water (from Sand 1993).



Controllare la pianta diverse volte l'anno e contattare un professionista della zona nel caso di insorgenza di problemi. Togliere l'eventuale tutore il prima possibile, riapplicare la pacciamatura in caso di bisogno. potare l'albero giovane per mantenere ben spaziate le future grosse branche e rimuovere parti morte o pericolose. Man mano che la pianta cresce è bene far fare controlli e potature da arboricoltori certificati,, anche per motivi di pubblica sicurezza. Mantenere l'albero in buona salute massimizza l'erogazione di tutti i

benefici elencati in precedenza oltre a ridurre la CO₂ atmosferica al massimo delle proprie potenzialità. Per ulteriori e più approfondite informazioni riguardanti l'impianto di alberi ed il loro mantenimento si possono consultare diversi testi disponibili in rete, o ordinabili, si consiglia ad esempio *Arboricoltura* (Harris, 1992).

2.6 Aumentare l'efficacia finanziaria del programma

Cosa sarebbe se il nostro progetto promettesse buone riduzioni di CO₂, molti benefici ausiliari, ma avesse un costo troppo alto per tonnellata? la sezione seguente provvede a fornire alcune considerazioni per aumentare i benefici e ridurre i costi, aumentando così l'efficacia finanziaria del progetto.

2.6.1 aumentare i benefici della riduzione di CO₂

Una gestione e cura attive che aumentino la salute e la sopravvivenza delle piante recentemente messe a dimora è una strategia per aumentare l'efficacia dei costi. Una valutazione fatta sul *Sacramento Shade program*, ha assunto che il grado di sopravvivenza delle piante avesse un impatto sostanziale sui benefici previsti (Hildebrandt et al., 1996). Un basso grado di mortalità infatti, ovviamente aumenta la quantità di CO₂ sequestrata e di emissioni evitate, riducendo inoltre la quantità di CO₂ rilasciata attraverso la decomposizione (a patto che le piante siano ben adattate alle condizioni pedo-climatiche, altrimenti l'analisi dell'impatto del tasso di sopravvivenza si complicherebbe).

Un altro metodo per aumentare i benefici è quello di modificare i siti che andranno ad accogliere le piante. Aumentando le quantità di alberi che offrono ombra agli edifici, aumenterà il livello di emissioni di CO₂ evitate. Può essere questa una strategia fruttuosa se le emissioni evitate sono importanti, quindi specialmente in quelle zone con alti carichi di climatizzazione richiesti e con impianti a carbone per la produzione di energia.

Si possono poi evitare emissioni perseguendo l'obiettivo di aumentare la percentuale di alberi in funzione di certe collocazioni, ottimale per esempio l'aumento di piante con esposizione ovest e vicino agli edifici; personalizzando così in un certo modo, lo schema di collocazione in funzione del singolo sito.

I benefici derivanti dal sequestro di CO₂ poi, possono essere aumentati regolando la distribuzione degli alberi in funzione del tipo. Generalmente alberi a foglia caduca sequestrano più CO₂ di piante sempreverdi, a parità di taglia, alberi a taglia larga infine, ove sia consentito e non rischioso l'impianto, sono da preferirsi.

2.6.2 ridurre i costi del programma

L'efficacia finanziaria è influenzata dai costi e parimenti dei benefici:

$$\text{Cost effectiveness} = \text{Total net CO}_2 \text{ Benefit} / \text{Total program Cost} \quad \text{(eq.2)}$$

quindi, tagliando questi costi si aumenta l'efficacia. Una grossa parte dei costi avviene durante i primi 5 anni associata perlopiù all'attività d'impianto (McPherson, 1994a). Alcune strategie per ridurre i costi includono l'uso di volontari formati, l'uso di piante di taglia più piccola per l'impianto, e la cura delle piante dopo l'impianto stesso per diminuire la percentuale di morte e quindi i costi di reimpianto. Dove le condizioni di crescita sono buone, come ad esempio in giardini, si possono usare le meno costose piante a radice nuda per ridurre i costi d'impianto. In ogni caso, in siti altamente urbanizzati e soggetti a vandalismi sono da preferirsi piante già grandi che possono sopravvivere più facilmente.

Investire durante i primi 5 anni vale la pena perché statisticamente si potenzia di molto la probabilità di sopravvivenza continua nel futuro (Richards, 1979). Se alberi facenti parte del programma (*target trees*) sono in proprietà privata, è buona prassi incoraggiarne la cura da parte del cittadino, eseguire periodici

controlli sullo stato di salute e ricompensare quei cittadini che rientrano nei *target*, oltre a cercar di apportare nuove tecniche per aumentar la sopravvivenza delle piante. Formare volontari ad es. per potare e seguire le piante solitamente fino a 6 m d'altezza (statura alla quale solitamente le piante sopravvissute sono ben stabilite ed affrancate), può esser costoso ma sicuramente presenta meno costi di un contratto lavorativo. Il costo dell'attività di potatura infatti può aumentare, col crescere delle piante anche in funzione di costo ad albero. La frequenza stessa di potatura influenza i costi, un periodo di ritorno di circa 5 anni, pur considerando variabilità grandi, è solitamente sufficiente (periodi troppo lunghi aumentano troppo i costi dell'intervento successivo, oltre a non garantire il raggiungimento dell'obiettivo di una buona conformazione della pianta con minimi interventi, via percorribile solo con potature relativamente frequenti), (Miller, 1997).

All'atto di valutare il risultato finanziario, e verificare se gli alberi “paghino”, non bisogna tralasciare di considerare altri benefici (attraverso, indagini, interviste, tecniche di quantificazione etc.). I programmi forestali in esame ormai sono stati provati esser fonte di numerosi benefici che vanno ben al di là delle riduzioni di CO₂. La portata dei benefici correlati alla riduzione dello scorrimento delle acque meteoriche, all'aumento di valore delle proprietà, alle opportunità di impiego e formazione lavorativa, miglioramento della qualità dell'aria, ed le trasformazioni positive riguardanti la salute ed il benessere umano, possono essere significativi. Inoltre questi benefici si estendono al di là dei semplici siti d'impianto, incoraggiando sforzi di collaborazione per costruire comunità migliori. Tecniche per quantificare questi benefici sono disponibili attraverso diverse associazioni (e.g., National Arborists Association, USDA Forest Service).

3 Metodi: linee guida per il calcolo delle riduzioni di CO₂ con i programmi di selvicoltura urbana.

3.1 Introduzione

In questo capitolo si tenterà di rispondere ad alcune domande frequenti, riguardanti le linee guida. Sarà fornita inoltre una descrizione generale dei metodi e delle assunzioni fatte per il calcolo della riduzione di CO₂ con i programmi di *Urban Forestry*. I nostri obiettivi sono:

- rendere familiare la raccolta ed il trattamento dei dati;
- aiutare nel determinare l'uso della forma breve o di quella lunga;
- descrivere i dati richiesti e dove poterli ottenere;
- spiegare alcune assunzioni chiave del modello.

Il capitolo successivo fornirà una descrizione più dettagliata, *step by step* rispetto alla tabulazione dei dati ed ai processi di calcolo.

3.2 Chi dovrebbe usare queste linee guida?

Le linee guida sono concepite per essere utilizzate da professionisti forestali, del verde urbano, arboricoltori ed altre figure per determinare la quantità di riduzione di CO₂ atmosferica associata ai programmi di selvicoltura urbana. Queste linee guida possono essere usate per:

- Stimare riduzione future di CO₂ da programmi proposti
- Riportare riduzioni annue di CO₂ da programmi già esistenti
- Valutare le riduzioni di CO₂ associate a possibili programmi alternativi.

Perciò, le linee guida possono essere applicate prima dell'esistenza di un programma per determinare l'intensità delle riduzioni di CO₂ che fornirà il programma stesso in \$/t. Modificando variabili come i

costi del programma, il tipo di piante, la collocazione, l'utente potrà appurare l'efficacia in termini di costi delle varie combinazioni e i benefici ed i costi di programmi alternativi per un periodo coperto di 40 anni. Se il programma è implementato queste linee guida possono essere usate per determinare le riduzioni di CO₂ accumulate oppure puntuali per qualsiasi momento. Servizi ed enti pubblici possono rivendicare le riduzioni di CO₂ come crediti nel mercato del carbonio dal momento che si sono ridotte le emissioni derivanti dalla produzione di energia.

Queste linee guida non dovrebbero esser utilizzate per calcolare riduzioni da un progetto di forestazione o riforestazione dove un grande numero di piante sono piantate assieme.

3.3 FAQ (Domande frequenti)

Il pensiero di eseguire molti calcoli può scoraggiare inizialmente; come aiuto sono fornite di seguito alcune spiegazioni riguardanti le domande più frequenti

3.3.1 quanto tempo richiede un analisi?

Il tempo richiesto dipende dall'intento dell'utente e dall'ammontare della complessità del programma. Se l'informazione desiderata è il calcolo delle riduzioni di CO₂ ed si possiedono già i numeri “cruciali” la via è facilmente percorribile e l'analisi può esser fatta in meno di un giorno. Altrimenti occorrerà molto di più. Usando i valori di *default* per regione nella “Forma Breve” si velocizzerà l'analisi considerevolmente.

3.3.2 come conoscere i dati da raccogliere?

Il tipo di informazioni richieste per i calcoli sono descritti da una *checklist* in questo capitolo e da esempi nel capitolo successivo. Una semplice analisi può esser condotta avendo a disposizione informazioni sugli alberi (numeri e tipi), numero di edifici, fattori di

emissione di CO₂ della zona e costi del programma. le specifiche del programma invece influenzano l'ammontare ed il tipo di informazioni richieste per l'analisi.

3.3.3 si possono raccogliere i dati in un foglio di calcolo?

I calcoli manuali sono frequentemente soggetti ad errori in questo processo. Anche se ridotta ai minimi termini, la questione si risolve con sommatorie e moltiplicazioni, la mole di queste da affrontare è notevole, specialmente se il programma in analisi è complesso. Può valer la pena quindi creare un foglio di calcolo che velocizzi il lavoro algebrico e riduca il tempo di lavoro. Può inoltre essere utile usare gli schemi che saranno proposti per anticipare la valutazione dei programmi fare un'analisi di sensitività cambiando le diverse variabili ai fini di ottimizzare il programma.

3.3.4 che unità di misura si usano?

Per esser coerenti con la convenzioni ed i *report* nazionali ed internazionali sui GHG, le informazioni sono archiviate con le unità del Sistema internazionale (SI). Le riduzioni di emissioni sono riportate utilizzando il peso totale molecolare della CO₂ piuttosto che quello del carbonio (moltiplicando il peso atomico del C per 3.67 si ottiene il peso molecolare della CO₂). Così le riduzioni di CO₂ sono riportate in tonnellate (1 t = 1.000 Kg) piuttosto che in libbre o multipli. Sono forniti anche i fattori di conversione.

3.3.5 quanto accurati sono i risultati?

Il grado di incertezza associato a queste stime dipende da una varietà di fattori come l'accuratezza nel raccogliere i dati, i valori di *default*, i calcoli eseguiti nell'analisi, e le assunzioni del modello. L'errore poi associate alle stime probabilmente è consistente in quanto conosciamo relativamente poco a riguardo di importanti variabili come il grado di crescita e di sopravvivenza delle piante, il grado di

sequestro di CO₂ degli alberi in ambiente urbano, impatti degli alberi sull'aria e sulla temperatura estive nelle diverse regioni climatiche ed la quantità di CO₂ rilasciata durante la decomposizione e dalle attività di cura delle piante. Un metodo per ridurre l'ampiezza degli errori è quello di fare un doppio controllo riguardo l'accuratezza dei calcoli utilizzando fonti secondarie. Un altro metodo è quello di ripetere i calcoli variando i valori di certe variabili di input con piccoli incrementi. Questo può permettere di verificare quanto le stime sono “sensibili” a variazioni ragionevoli nelle variabili di *input*.

3.4 Forma Breve o Forma Lunga?

Prima di decidere che tipo di dati raccogliere bisogna decidere se usare la cosiddetta Forma Breve (FB) oppure la Forma Lunga (FL). La FB è un buon strumento per analizzare proposte di programma in quanto fornisce i benefici netti in termini di CO₂ con un buon grado di approssimazione.

3.4.1 Forma Breve

La FB semplifica il processo di raccolta dati applicando, per molte delle variabili in questione, valori di *default* suddivisi per regione. È un buono strumento per un'analisi veloce, magari iniziale, oppure nel caso i dati specifici non fossero disponibili. Nel caso si trovassero dati più di dettaglio si consiglia di passare alla FL.

3.4.2 Forma Lunga

I dati precedentemente archiviati con la FB sono ancora applicati nella FL, ma altre variabili possono essere determinate con più accuratezza per raffinare l'analisi del programma. Per esempio nella FL si possono regolare le variabili avendo informazioni a riguardo di:

- Energia usata per il riscaldamento ed il condizionamento dai differenti tipi di abitazione

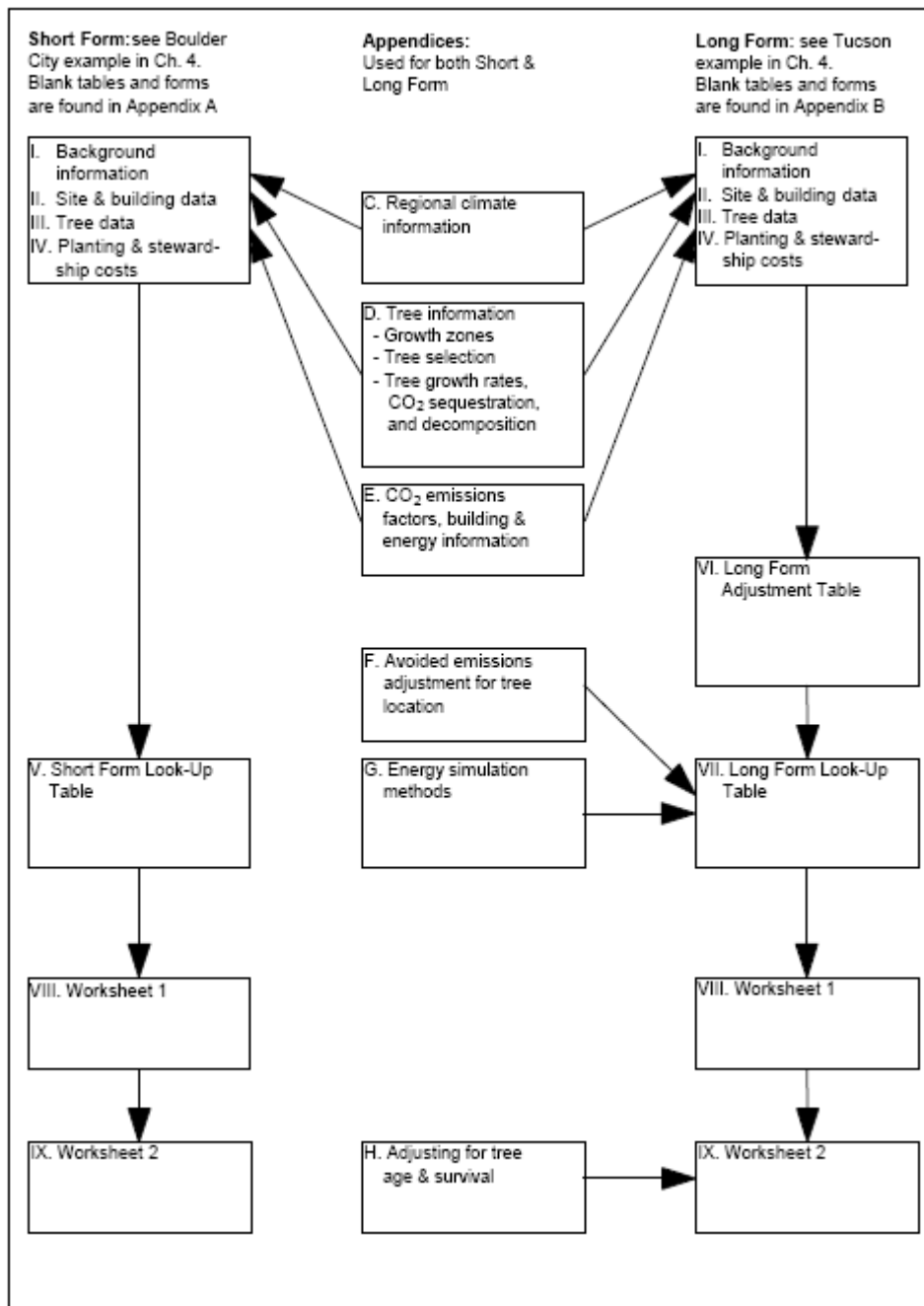
- Percentuale di case con differenti sistemi di riscaldamento e condizionamento
- Portata dei benefici derivanti dall'ombreggiamento sulle zone vicine
- Collocazione degli alberi attorno agli edifici, (distanza e direzione).

La FL può essere usata ad es. da enti pubblici o da quanti hanno accesso ad informazioni riguardanti il consumo energetico delle abitazioni e la collocazione delle piante. Per accurati risultati riguardanti le riduzioni di CO₂ si consiglia l'uso della FL; di sicuro aumenta il numero di calcoli ed il tempo richiesto ma porta a risultati molto più accurati rispetto alla FB. Per es. in un'analisi condotta a Tucson la collocazione reale delle piante era perlopiù con esposizione sud-ovest, di molto diversa dai valori di *default* così come l'uso di condizionatori (tutte le abitazioni ne erano dotate contro il 63% come valore di *default*). Questi aggiustamenti condotti nelle FL hanno aumentato i benefici netti di CO₂ rispetto a quanto previsto nella FB.

3.4.3 Forma Breve e Forma Lunga: diagramma di flusso

Il diagramma di flusso (*fig.12*) mostra i collegamenti tra le due forme di analisi e le informazioni richieste. Nel capitolo successivo ed in appendice si forniranno informazioni, metodi e tabelle per condurre l'analisi (le tavole per condurre l'analisi sono riportate con numeri romani, quelle di informazione con numeri arabi).

fig.12- Flow diagram.



3.5 Raccolta ed archiviazione dei dati

Uno dei compiti più difficili in questo processo è raccogliere i dati per l’analisi. La *check list* proposta di seguito (tab.2), aiuta a determinare quali dati sono necessari. Sono scritte prima le informazioni necessarie per la FB ed in seguito completate con quelle necessarie alla FL.

tab.2- Check list of essential data.

Copy Input Tables	
	Make copies of blank Input Tables I, II, III and IV from Appendix A (Short Form) or Appendix B (Long Form).
Background Data (Table I)	
	Record background information (the who, why, where, when, what) in Table I.
Site and Building Data (Table II)	
	Approximate existing tree plus building cover (percentage) (consult <i>table 11</i> for default values).
	Enter percentage of homes in each vintage (consult <i>table 11</i> for default values; see also Appendix E).
	Determine climate region (consult Appendix C to determine climate region of your city).
	Enter electricity emissions factors and make indicated adjustments (see Appendix E for default values by state).
Tree Data (Table III)	
	Total number of trees by tree type (deciduous or evergreen; small, medium and large mature size) and location (number of trees Near buildings and Far from buildings)
	Distribute trees between building vintages (consult <i>table 12</i> for default distributions; see also Appendix F).
Planting and Stewardship Costs (Table IV)	
	Tree planting, care, and other costs associated with tree program.
Copy Look-up Tables and Worksheets	
	If using the Short Form, make a copy of the Look-up Table V for your region, and Worksheets 1 and 2 (Appendix A). If using the Long Form, make a copy of the Long Form Adjustment Table VI for your region, and Long Form Lookup Table VII, Worksheet 1 and Worksheet 2 (Appendix B).
Building Energy Use and Site Adjustments (Table VI, Long Form only)	
	Conditioned floor area by vintage (CFA).
	Shade fraction on neighboring homes.
	Cooling equipment (pct by type, typical use). Refer to <i>table 44</i> , Appendix E.
	Heating equipment (pct by type, typical use). Refer to <i>table 44</i> , Appendix E.
	Climate adjustments.
Long Form Look-up Table (Table VII, Long Form only)	
	Avoided CO ₂ values due to shade are taken from <i>table 107</i> in Appendix F if the default tree distribution is used, or <i>table 61</i> in Appendix F if you supply your own tree distribution. In the latter case, <i>tables 49</i> through <i>60</i> in Appendix F are used to determine values in <i>table 61</i> .
	Energy savings per tree from windbreaks are tabulated in <i>table 108</i> in Appendix F.
	Avoided CO ₂ for the given level of existing tree + building cover are linearly interpolated from values given in <i>table 109</i> in Appendix F.
Worksheet 1 (Table VIII) CALCULATE CO₂ REDUCTION AND RELEASE FOR MATURE TREES:	
	Select sequestration, decomposition and release data (discussed in Appendix D) from Look-up Table VII based on your tree growth zone (discussed in Appendix D). (Long Form only)
	Transfer results from Look-up Table V (Short Form) or VII (Long Form) to Worksheet 1 and do indicated calculations.
Worksheet 2 (Table IX) CALCULATE CO₂ REDUCTION AND RELEASE FOR 40 YEARS:	
	Determine tree age/survival fractions using Appendix H and enter into Worksheet
	Transfer results from Worksheet I to Worksheet 2, and do indicated calculations.
	CALCULATE COST PER TONNE: bottom of Worksheet 2

3.5.1 copiare i dati di input

Il primo passo consiste nel copiare come strumento lavorativo le tabelle predisposte ed utilizzate nel capitolo seguente, relative alla FB oppure alla FL.

3.5.2 dati di *background*

Le informazioni di *background* forniscono un archivio per ogni analisi in riferimento a:

- Chi – Titolo del progetto e nomi di gruppi ed individui coinvolti
- Perché – obiettivi del programma
- Dove – Collocazione del sito
- Quando – Date di inizio e termine del programma
- Cosa – Elementi chiave del programma che influenzano i risultati come il ruolo dei partecipanti, il tipo di piante, il grado di sopravvivenza etc.

3.5.3 dati del sito e degli edifici

Copertura esistente. L'ammontare di copertura arborea e di edifici esistenti influenza le potenzialità di effettiva riduzione delle emissioni di un piano. All'aumentare della copertura già esistente, i benefici derivanti da un'ulteriore copertura arborea incidono sempre meno per es. sui costi per il riscaldamento. (Heisler, 1990). I dati possono essere ottenuti da professionisti locali nel campo della pianificazione, oppure si possono utilizzare valori forniti di *default*. Se i dati di copertura non sono disponibili si possono utilizzare diverse tecniche per ricavarli, ad es. tramite l'utilizzo di foto aeree verificando punti a caso sulle foto o con altre tecniche (per le procedure vd. Bernhardt and Swiecki, 1991). Accertarsi di sommare sia la copertura edificata che quella arborea.

tab.3- Regional default values.

Climate region	Existing cover (pct)	Home distribution by vintage (pct)			Tree growth zone
		Pre-1950	1950-1980	Post-1980	
Mid-Atlantic	41	30	58	12	Central
Northern Tier	33	45	42	13	North
North Central	36	42	48	10	North
Mountains	56	42	48	10	North
Southeast	67	28	54	18	Central
South Central	52	19	63	18	Central
Pacific Northwest	54	30	58	12	Central
Gulf Coast/Hawaii	51	19	63	18	South
California Coast	44	28	54	18	South
Southwest	40	28	54	18	Central
Desert Southwest	34	19	63	18	South

Vintages. Un *vintage* consiste in una serie di edifici di simile età, metodo costruttivo, superficie ed efficienza energetica. Si possono trovare informazioni dettagliate per ciascun *vintage* e saranno usate nel capitolo successivo. Anche se le caratteristiche per ciascun *vintage* variano regionalmente, generalmente i nomi ed alcune caratteristiche rimangono costanti, in particolare:

- *Vintage pre 1950* – basso grado di isolamento, poca superficie climatizzata (*conditioned floor area CFA*), grane superficie con finestre.
- *vintage 1950/1980* – tetti più isolati, superficie minore con finestre.
- *vintage post 1980* – isolamento anche delle pareti, più climatizzazione, finestre ancora più piccole.

Percentuale di case per ogni *vintage*. Dal momento che ogni *vintage* ha diverse caratteristiche specialmente di efficienza energetica, è importante sapere la proporzione di unità ed il tipo di abitazioni influenzate dal programma di impianto. Di solito si utilizzano i dati riguardanti il numero di abitanti per unità di superficie residenziale includendo abitazioni che non beneficiano direttamente da piante inserite nel programma e messe a dimora

nella loro proprietà. Se non si possiedono i valori si possono usare quelli medi tabulari regionali suddivisi per *vintage*.

Regione climatica. Per gli stati uniti sono state selezionate undici regioni climatiche (*fig.13*); nel prossimo capitolo sarà illustrato come scegliere in modo appropriato la regione climatica, variabile fondamentale per i potenziali risparmi in quanto influenza molto i carichi energetici di riscaldamento o condizionamento richiesti.

fig.13- Climate regions for the United States



Fattore di emissioni per l'elettricità (FEE). I valori di *default* per il FEE variano di regione in regione a motivo delle differenze locali nel *mix* di combustibili e fonti usate per la produzione di energia. Saranno usate tabelle fornite per ogni stato o in alternativa si può contattare il fornitore proprio dell'energia. i valori regionali di *default* sono poco accurati perché possono variare considerevolmente di stato in stato. Però, sulla base di un valore di *default* si possono calcolare dei buoni aggiustamenti per lo stesso.

I fattori di emissione per i gas naturali e gli olii combustibili usati per il riscaldamento non variano molto in quanto la qualità di questi carburanti è relativamente uniforme e stabile. Si utilizzerà una tabella per i fattori di emissione tipici di questi carburanti. Vi sono inoltre altri carburanti che rappresentano una piccola frazione di quelli utilizzati per il riscaldamento come il kerosene, il carbone ed il GPL.

3.5.4 dati sugli alberi

Numero di alberi in funzione del tipo.

Entrambe le forme, brave e lunga, richiedono informazioni riguardanti il numero di alberi per i primi 5 anni del programma, il tipo, e la loro collocazione. Si forniscono di seguito due definizioni da considerare durante la raccolta delle informazioni:

1. Tipo di albero: vi sono 6 tipi di alberi che comprendono combinazioni di periodi di foliazione e taglia a maturità. Sia le piante decidue che sempreverdi possono essere divise in 3 taglie (grande, media e piccola):
 - Deciduo – il periodo di foliazione solitamente coincide con la durata della stagione calda
 - Sempreverde – foglie permanenti tutto l’anno (include conifere e latifoglie sempreverdi)
 - Grande – altezza a maturità > 15 m
 - Medio - altezza a maturità 10-15 m
 - Piccolo - altezza a maturità 6-10 m

2. Collocazione dell’albero: I numeri degli alberi sono in funzione di due possibili collocazioni e tenendo conto del *vintage* vicino al quale sono inseriti:
 - Vicino – numero degli alberi nei 15 m circostanti l’edificio tale da fornire benefici dovuti all’ombreggiamento ed alla

funzione frangivento. Molti alberi collocati in giardini residenziali ed alcune alberature stradali rientrano in questa categoria

- Lontano – Alberi più lontani di 15 m dagli edifici *target*. Questi alberi sono troppo lontani per ombreggiare e riparare direttamente le costruzioni ma nel loro raggruppamento possono portare risparmi sui costi di climatizzazione diminuendo le temperature dell’aria estiva, e risparmi sul riscaldamento grazie alla riduzione della velocità del vento nel vicinato. Esempi di questi sono alberi in parchi, giardini di scuole, aree ripariali ed altri spazi aperti.

Il numero di siti d’impianto disponibili per alberi portanti ombra influenza i numeri degli alberi in generale. Per siti entro i 15 m dagli edifici, è importante considerare la direzione e l’azimut dell’albero. Generalmente i benefici derivanti dall’ombreggiamento sono maggiori per alberi collocati di fronte ai muri ad est e ad ovest. Gli alberi posti a sud possono aumentare i costi di riscaldamento bloccando i raggi del sole in inverno. Nella FB la distribuzione di *default* degli alberi assume che gli alberi siano collocati in maniera strategica per ridurre i costi di condizionamento ed allo stesso tempo per non aumentare quelli di riscaldamento. Si noti che nella distribuzione di *default* non sono presenti alberi a sud, sud-est o sud-ovest degli edifici. Usando la FB non si tiene conto di questi azimut mentre con la FL l’analisi è modificabile e personalizzabile con diversi gradi di azimut e distanze, prima di immettere valori personalizzati e più precisi, valutare però che l’effettiva collocazione delle piante sia diversa dalla distribuzione di *default*, nel qual caso si consiglia proprio l’utilizzo delle tabelle per la FL.

tab.4- Default distribution for deciduous trees by size, distance and direction from building.

Tree size	Distance (m)	Tree Azimuth								Total (pct)
		N (pct)	NE (pct)	E (pct)	SE (pct)	S (pct)	SW (pct)	W (pct)	NW (pct)	
Large	3-6	0.9	0.9	5.3	0.0	0.0	0.0	7.8	3.4	100.0
	6-12	3.4	9.9	19.3	0.0	0.0	0.0	32.2	11.1	
	12-18	0.0	1.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.3	
Medium	3-6	0.3	3.7	5.3	0.0	0.0	0.0	7.9	3.3	100.0
	6-12	3.4	10.6	21.6	0.0	0.0	0.0	25.0	15.3	
	12-18	0.1	1.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	
Small	3-6	1.1	6.0	13.8	0.0	0.0	0.0	11.4	11.1	100.0
	6-12	3.5	8.3	15.3	0.0	0.0	0.0	16.7	10.4	
	12-18	0.0	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

tab.5- Default distribution for evergreen trees by size, distance and direction from building.

Tree size	Distance (m)	Tree Azimuth								Total (pct)
		N (pct)	NE (pct)	E (pct)	SE (pct)	S (pct)	SW (pct)	W (pct)	NW (pct)	
Large	3-6	5.2	1.9	2.2	0.0	0.0	0.0	3.6	5.5	100.0
	6-12	17.3	14.8	7.4	0.0	0.0	0.0	18.0	18.3	
	12-18	0.3	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	
Medium	3-6	3.3	5.8	1.7	0.0	0.0	0.0	5.0	4.7	100.0
	6-12	12.1	16.1	11.8	0.0	0.0	0.0	13.2	22.7	
	12-18	1.0	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	
Small	3-6	5.4	8.6	9.0	0.0	0.0	0.0	6.6	13.8	100.0
	6-12	10.3	11.0	9.1	0.0	0.0	0.0	8.4	15.3	
	12-18	0.0	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Passi per la raccolta dei dati. Nel capitolo 2 sono state fornite alcune indicazioni per collocare le piante in modo da massimizzare le riduzioni di CO₂. Rimandiamo al prossimo capitolo per quanto riguarda l'esempio pratico. I passi da seguire per una proposta di programma sono:

1. Sulla base degli obiettivi e delle risorse del programma identificare il sito per il programma e stimare il numero totale di piante da mettere a dimora.
2. Determinare quanti alberi saranno collocati in posizione Vicino o Lontano dagli edifici
3. Determinare il numero di alberi suddivisi per tipo sia in posizione Vicino che Lontano. Considerare la distribuzione delle

latifoglie e delle sempreverdi. Ricordare che le piante sempreverdi solitamente si usano per la protezione dal vento e possono portare aumenti di costi se collocate in posizione sud; inoltre, in generale, piante grandi offrono più benefici di quelle di piccola taglia, anche se, come già spiegato, certi siti, per ragioni di sicurezza o altro, possono ospitare sola piante a taglia piccola. Una volta calcolato il numero di piante decidue e sempreverdi, si può usare la distribuzione di *default* per determinare il numero di piante suddivise per tipo.

4. distribuire gli alberi tra i vari *vintages* basandosi sul programma. Per le piante in posizione Vicino, considerare tipicamente che:

- Le opportunità e la domanda d’impianto sono maggiori nelle nuove aree residenziali sviluppatesi, ma la limitatezza della superficie dei lotti può limitare la percentuale di alberi con taglia media o grande.
- Piante vicino ad edifici più vecchi producono maggiori risparmi rispetto a quelle attorno a edifici energeticamente efficienti, però le opportunità di impianto qui possono essere limitate da una “densità di costruzione già matura”.
- Gli alberi con funzione frangivento producono più benefici in quelle regioni con una grossa richiesta energetica per il riscaldamento.
- Per la suddivisione dei *vintages*, si può seguire la distribuzione di *default* se il caso specifico non è tanto differente.

tab.6- *Default distribution of trees among vintages can be applied to deciduous and evergreen plantings and is based on data from the Sacramento Shade program.*

Size	Percentage of trees by size and vintage (pct)			
	Pre-1950	1950-1980	Post-1980	Total
Large	1.2	8.2	14.7	24.1
Medium	1.7	12.1	39.3	53.1
Small	0.6	6.6	15.6	22.8
Total	3.5	26.9	69.6	100.0

Per gli alberi in posizione Lontano, si consideri come la loro distribuzione corrisponda alla distribuzione degli edifici suddivisi in *vintages*, nella comunità. Ad esempio se l'impianto è destinato ad una zona a parco edificata perlopiù *post* 1980 si archivino i dati delle piante Lontano in riferimento alla situazione *post* 1980 dacché probabilmente la maggioranza degli edifici sarà di quel tipo di *vintage*.

Se si stanno riportando le riduzioni di emissione di CO₂ per alberi già piantati invece, si consiglia di seguire i seguenti passi:

1. utilizzare una lista di selezione degli alberi, che sarà fornita in appendice, per assegnare il tipo di pianta giusto ad ogni specie (e.g., *Platanus acerifolia* = Deciduous large).
2. Determinare il numero di alberi suddivisi per collocazione (Vicino/Lontano) ed il tipo per ogni *vintage*. Al solito, le informazioni si possono ottenere tramite fotointerpretazione si riprese aeree o altre fonti. Se si hanno a disposizione i dati al momento dell'impianto, comparandoli con le diverse situazioni si ottengono i coefficienti di sopravvivenza e di crescita.
3. Si valuti se gli azimut e le distanze sono sostanzialmente diversi dalla distribuzione di *default* e solo in caso di evidente diversità, si personalizzi l'analisi.

Sono state fatte diverse assunzioni sui dati relativi agli alberi.

- Annotando il numero di alberi piantati previsti dal programma, registrare il numero totale di quelli piantati durante i primi 5 anni. Un nuovo insieme di calcoli viene richiesto se si sono previsti impianti di alberi dopo l'intervallo dei primi 5 anni. Queste linee guida, usando intervalli di 5 anni arrivano a determinare i benefici di un particolare come punto di mezzo dell'intervallo di 5 anni attorno a quell'anno; il valore del quinquennio si ottiene moltiplicando per 5 il risultato annuo trovato.
- Conoscere la taglia delle piante al momento dell'impianto non è richiesto. Assumendo fattori costanti, ricerche hanno dimostrato che la taglia d'impianto dopo il trapianto ha poca influenza sulla taglia della pianta dopo circa 10 anni (Watson, 1987; Gilman et al., 1998). Le differenze nella taglia durante i primi anni sono relativamente insignificanti dal momento che le quantità di CO₂ sequestrate e rilasciate dalla decomposizione da parte di piccoli alberi sono basse.

3.5.5 costi d'impianto e manutenzione

I costi d'impianto e manutenzione annua sono totalizzati per ogni periodo di 5 anni. Le categorie includono i costi per:

- Messa a dimora delle piante: preparazione del sito, alberi, altri materiali come tutori, pacciamature etc. così come i costi per il lavoro e delle attrezzature.
- Cura delle piante: irrigazione, ispezione, potatura, rimozione, controllo di funghi, malattie ed insetti, riciclaggio del legno di risulta dalle operazioni ed altre attività di cura e gestione.
- Altri costi: gestione del programma (e.g., uffici, servizi, personale, forniture), relazioni coi *media* ed altre voci contingenti.

Fattori che influenzano i costi includono il numero, la taglia e la collocazione degli alberi piantati, il ruolo dello staff pagato, dei contraenti, dei volontari ed il livello di gestione e monitoraggio forniti dopo l’impianto.

3.5.6 copia delle tavole e dei fogli di lavoro

Sia per la FB che per la FL si consiglia di fare copia delle tavole guida e dei fogli di lavoro proposti come schema, un es. sarà riportato nel prossimo capitolo.

3.5.7 uso energetico degli edifici ed adattamenti locali

I dati espliciti di seguito sono da utilizzare solo conducendo un’analisi di tipo FL.

Superficie climatizzata (CFA). Costituisce l’ammontare medio di superficie che viene riscaldata o condizionata meccanicamente suddivisa per *vintage*. Si possono usare i valori di *default* oppure selezionare il valore che meglio si adatta al nostro studio.

Frazione d’ombra nelle case vicine. I non partecipanti al programma possono beneficiare di aspetti positivi dovuti all’ombreggiamento sulla loro proprietà. Un esempio riportato nell’analisi condotta a Sacramento ha un 23% di piante che ombreggiavano proprietà vicine con dei risparmi energetici ulteriori del 15% rispetto a quelli trovati per i partecipanti. Il valore di 15% viene usato di *default*, per determinare in valore appropriato si consideri:

- Lo schema e la dimensione del lotto (specialmente le dimensioni del giardino), ovviamente edifici poco spaziosi aumenteranno la frazione di ombreggiamento su case non appartenenti al programma.
- Il numero medio degli alberi del programma suddivisi per proprietà, più alberi per proprietà producono più beneficio nelle

zone circostanti (nell'esempio di Sacramento, 3.7 alberi per proprietà).

- Altri criteri del programma che influenzino la collocazione o la taglia della pianta: linee guida che incentivino la messa a dimora di piante a taglia grande relativamente lontano dagli edifici e che ombreggino prevalentemente i lati ovest ed est probabilmente avranno più incidenza in termini di ombreggiamento nel vicinato.

L'ombra su edifici circostanti può esser stimata con fotointerpretazione dove si possa notare lo sviluppo delle chiome a maturità. Selezionare un giusto fattore è fondamentale; nel caso di Sacramento la percentuale di alberi ombreggianti zone vicine divisa per 1.5 forniva una stima per i risparmi energetici su quelle abitazioni. Non considerare benefici ricadenti all'esterno del programma (0%), è un approccio conservativo nei confronti dei benefici.

Apparecchiature per il condizionamento. Vi sono quattro tipi principali di dispositivi per il condizionamento delle abitazioni: condizionatori ad aria centralizzati (CAC), pompe di calore, evaporatori e condizionatori da camera. Nelle aree dove molte abitazioni sono sprovviste di raffreddamento meccanico, le riduzioni delle emissioni di CO₂ possono essere relativamente basse. L'ammontare di energia richiesto varia col tipo di dispositivo e la loro condizione. Ad es. un evaporatore utilizza il 33% di energia rispetto ad un condizionatore centralizzato per produrre lo stesso grado di raffreddamento. Si necessitano però informazioni sulla climatizzazione di ogni *vintage*.

Sulla base di simulazioni condotte al computer a riguardo dell'efficienza energetica di ciascun *vintage*, si forniscono dei valori di *default* per l'ammontare di elettricità consumata annualmente per unità di area condizionata. Tali valori dal momento che prevedono

comportamenti standard degli inquilini e sono riferiti a livello regionale, possono non essere utilizzati specialmente se:

- Il clima dell’area in considerazione è sostanzialmente diverso da quello della città di riferimento (in termini ad esempio di giorni di riscaldamento o condizionamento etc.).
- Le simulazioni al computer tendono a sovrastimare i carichi richiesti ai condizionatori.
- Le specifiche costruttive degli edifici in analisi non rispecchiano gli standard descritti per i vari *vintages*.
- Se vengono scelti valori personalizzati, non si applichino tali valori di *default*.

Le simulazioni per un singolo edificio tendono a sovrastimare la domanda per il condizionamento di un’abitazione media dal momento che non si considerano operanti assieme i vari condizionatori, le impostazioni di termostato sono pensate molto variabili e non si modellano precisamente i comportamenti degli inquilini. Per cui il caso base può essere soggetto a diversi aggiustamenti in funzione delle condizioni locali.

Ottenere valori precisi per il condizionamento è importante perché queste cifre hanno un effetto sostanziale sui calcoli delle riduzioni di emissioni di CO₂. Si consiglia un controllo di queste cifre col fornitore locale dell’energia. Analisi buone relative ai consumi annui dei condizionatori possono essere condotte avendo i dati energetici riferiti al metro per ogni *vintage* o per edificio tramite ad es. simulazioni numeriche al computer.

Dispositivi di riscaldamento. Ci sono cinque possibili tipologie di riscaldamento: caldaia a gas, caldaia a gasolio, resistenza elettrica, pompe di calore ed altri tipi (legna, vapore, stufe portatili). I valori regionali di *default* forniscono la percentuale di unità abitative suddivise per dispositivi di riscaldamento e per *vintage*.

Dal momento che i carburanti usati sono diversi, saranno differenti anche le emissioni, per cui si fornisce un “fattore di conversione combinata” (CCF). Il CCF riassume in un coefficiente i dispositivi utilizzati per il riscaldamento e le relative emissioni per ogni carburante, in funzione del gas naturale. Le differenze di efficienza dei vari combustibili perciò sono rapportate al gas naturale, preso come valore di *default*. Si assume che le efficienze delle caldaie (gas o gasolio), siano eguali e che le conversioni da gas naturale a resistenza elettrica e pompa di calore siano 0.22 e 0.11 kWh/kBtu, rispettivamente. Anche se il gas non è il combustibile più usato per il riscaldamento, l’importante è normalizzare i dati relativi a tutti i carburanti in un unico sistema di riferimento. Nei valori di base si considera l’ammontare di energia (kBtu/m²) consumato annualmente e riferito per tipo di *vintage*. Al solito le analisi sono basate su simulazioni numeriche; se si desidera personalizzare l’analisi si consiglia di contattare il gestore delle forniture dei combustibili per ottenere dati più precisi relativi ai consumi.

Aggiustamenti climatici. Gli aggiustamenti da apportare all’analisi tengono conto della diminuzione della temperatura dell’aria (°C) all’aumentare della copertura delle chiome. In questo caso si consiglia l’uso dei valori di *default*, frutto di ricerche passate, in particolare si è trovato che la diminuzione di temperatura è più alta in climi aridi (0.20 °C per ogni 1 % di incremento della copertura di chioma). Alternativamente si possono usare valori personalizzati se ad es. le collocazioni delle piante sono inusuali (piazze, parcheggi, rive, etc.).

3.5.8 tavola di raccolta per la forma lunga ed effetti di evitazione di CO₂

Vengono forniti due tipi di tavole, uno per la FB e l’altro per la FL. Le tavole per condurre un’analisi di tipo FB sono già compilate con i valori di *default* per le riduzioni e le emissioni di CO₂, mentre quelle

per la FL sono predisposte per la compilazione e la personalizzazione dei dati. Entrambe le forme di analisi sono composte da tre sezioni principali: effetti frangivento e di ombreggiamento, effetti climatici, ed una terza sezione che include le percentuali di CO₂ sequestrate cos come quelle rilasciate tramite la decomposizione ed i lavori di cura, manutenzione e le operazioni del programma. Tutte le tavole sinottiche riportano i valori in tonnellate (t) per anno per pianta matura e si assume un grado di sopravvivenza del 100%.

Effetti frangivento ed ombreggiamento. Le linee guida per la FB tengono conto dei risparmi de energia dovuti al condizionamento prodotto dagli alberi decidui in posizione Vicino, così come dell’aumento dei costi di riscaldamento dovuto all’ombreggiamento prodotto dalle branche spoglie in inverno. La distribuzione di *default* per le piante sempreverdi assume che gli alberi siano piantati in modo strategico per minimizzare i costi associati all’ombreggiamento invernale (niente sempreverdi con esposizione sud, sud-est o sud-ovest rispetto agli edifici). I valori poi sono ottenuti in due modi (cfr. modello “*Carbon dioxide reduction trough urban forestry*”, McPherson and Simpson, 1999; ulteriori tabelle e spiegazioni sono fornite in Appendice); per la personalizzazione dei valori si usino le tavole proposte per le FL.

Le piante sempreverdi collocate vicino alle case forniscono protezione dai venti, riducendo i costi di riscaldamento. Le emissioni evitate ed i risparmi sono simulati al computer aumentando la classe di protezione dell’edificio in funzione di che frangivento si presenta, alberi più grandi offrono maggior protezione di quelli piccoli. In appendice del testo di riferimento sono fornite ulteriori informazioni sul modellamento degli effetti frangivento.

Effetti sul clima. Aumenti della copertura di chioma nell’area in considerazione e limitrofa possono ridurre in modo apprezzabile le temperature dell’aria in estate e le velocità del vento in inverno abbassando così la domanda di condizionamento e di riscaldamento.

Per stimare le relazioni che intercorrono tra la copertura arborea, il clima e gli impatti sul riscaldamento ed il condizionamento, nella forma breve si inseriscono valori di *default* basati su pubblicazioni in letteratura (vd. appendice G del modello).

3.6 Calcolo della riduzione e del rilascio di CO₂ per alberi maturi

3.6.1 foglio di lavoro 1

Nel primo foglio di calcolo (tavola VIII del modello), la quantità di CO₂ sequestrata, rilasciata, ed il grado di decomposizione per alberi maturi (prendendo il valore medio fra 36 e 40 anni), vengono calcolate moltiplicando il numero di alberi piantati per le stime di sequestro, rilascio etc. relative ad ogni tipo di pianta. I risultati rappresentano un'istantanea annua del rilascio e dell'accumulo di CO₂, supponendo che tutti gli alberi arrivino ad almeno 40 anni di età.

Sequestro. Il sequestro, il tasso netto di CO₂ immagazzinato nella massa ipogea ed epigea delle piante nel corso di una stagione vegetativa, viene calcolato con le equazioni di biomassa e coi dati di crescita delle piante. Il tutto avviene in tre momenti: sviluppo delle curve di crescita, selezione delle equazioni di biomassa, e calcolo del grado di sequestro (vd. Appendice D del modello per i dati sulla crescita, le equazioni di biomassa, e le diverse zone di accrescimento per le piante).

Decomposizione. La CO₂ rilasciata attraverso la decomposizione della biomassa legnosa morta varia con le caratteristiche del legno ed il destino dello stesso (e.g., pannelli, cippato, bruciato), e con le condizioni pedo-climatiche locali. Il riciclo del rifiuto urbano ormai è una delle forme prevalenti e nella nostra analisi si assume che la gran parte del materiale venga cippata ed applicata come pacciamatura. Per queste linee guida si stima che gli alberi morti siano rimossi e lavorati nell'anno della morte e che l'80%

del carbonio accumulato sia rilasciato in atmosfera lo stesso anno come CO₂. La decomposizione totale deriva dal numero di piante morte con una grossa influenza della classe di appartenenza. Il grado di sopravvivenza delle piante è in assoluto il fattore principe nel condizionare la decomposizione.

Rilasci per la produzione di alberi, operazioni di programma e mantenimento delle piante. Perizie da vivai, professionisti forestali e gruppi non-profit, hanno fornito dati per stimare il rilascio di CO₂ derivante dalle attività di mantenimento delle piante, di produzione e cura, e dalle attività varie inerenti il programma. Attività specifiche che rilasciano CO₂ sono ad es. riscaldamento e condizionamento degli uffici (del programma), combustione dei carburanti per i veicoli ed attrezzi a motore, e l'energia consumata per la produzione degli alberi per l'irrigazione, le operazioni in serra etc. Dal momento che solitamente i rilasci di CO₂ per queste operazioni variano dall'1 al 5%, non si forniscono istruzioni dettagliate per il calcolo dei valori, accettando comunque in ogni caso valori personalizzati alla situazione.

3.7 Calcolo della riduzione e del rilascio di CO₂ per 40 anni

3.7.1 foglio di lavoro 2

Nel secondo foglio di calcolo si annotano le riduzioni ed i rilasci di CO₂ che intercorrono tra il momento d'impianto e i 40 anni, cioè la data di fine progetto. I dati del primo foglio per le piante mature sono trasferiti al secondo, calcolati per ogni intervallo di cinque anni e quindi totalizzati nei 40anni. L'ammontare di CO₂ accumulata, evitata e rilasciata dipende dal numero di alberi e dallo taglia. Ad un dato tempo il numero di alberi dipende dalla mortalità cumulata, mentre la taglia dipende dal tipo, dall'età e dal grado di crescita. Per tener conto di questi effetti si utilizzano frazioni che esprimono il grado di sopravvivenza delle piante in funzione della mortalità.

Coefficienti albero/età. Il tasso di crescita e di sopravvivenza influenzano i benefici derivanti dai risparmi energetici e dal sequestro di CO₂. Alberi grandi e con ritmi di crescita veloci forniscono benefici più grandi prima rispetto a quelli piccoli e di lenta crescita. I coefficienti, cioè le frazioni, albero/età sono usati per stimare come il grado di benefici in termini di CO₂ cari negli anni del programma in funzione dei loro valori massimi. I valori massimi si verificano al quarantesimo anno, quando gli alberi sono più grandi, tranne che per la funzione di sequestro che ha il suo massimo quando le piante crescono più velocemente (11-25 anni). Perciò queste frazioni rispecchiano i tassi di crescita e sono grossomodo proporzionali al massimo grado di crescita per un dato tempo. I coefficienti sono basati sui valori di *default* per ogni regione in funzione della Zona di Crescita dagli Alberi (*fig.14*).

I tassi di crescita variano in funzione della Zona di Crescita e del tipo di albero. Le zone di crescita sono basate sulla lunghezza media del periodo non ghiacciato. Generalmente gli alberi nella zona sud crescono con tassi più rapidi rispetto al nord. Tutte le curve di crescita sono sigmoidi riflettendo la lenta crescita iniziale, la rapida crescita dopo essersi stabilite e la più lenta crescita a maturità (*fig.15*). I tassi di crescita e le taglie a maturità differiscono tra sempreverdi ed alberi decidui (*fig.16*). nella Zona di Crescita Sud i sempreverdi sono assunti crescere di più rispetto agli altri potendo usufruire di tutto l'anno come periodo di accrescimento. Ad ogni modo alberi sempreverdi di taglia grande a maturità (per il programma in analisi) sono più piccoli dei grandi alberi decidui nella Zona Nord. Tre classi di taglia sono state scelte per ambedue i tipi di piante in ogni Zona di crescita (ulteriori informazioni in Appendice D del modello).

fig.14- Tree growth zones for the United States correspond with mean number of freeze-free days per year (North = < 180, Central = 180-240, South = > 240) (Repeated as figure 25 in Appendix D).

Tree Growth Zones of The United States

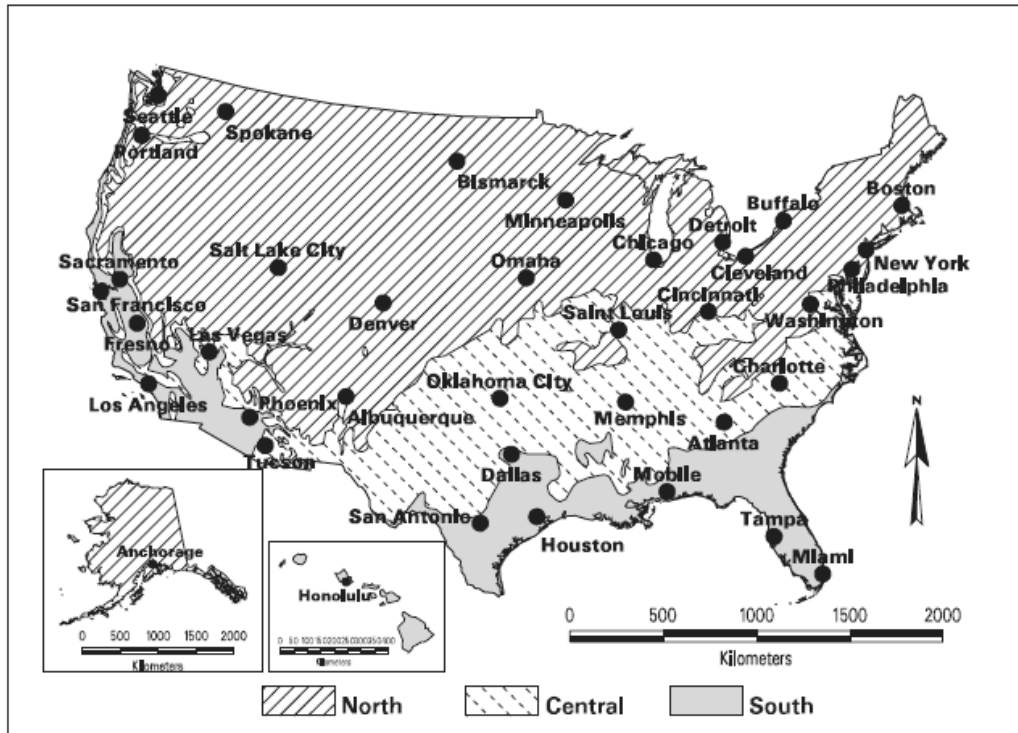


fig.15- Growth curves for large evergreen and deciduous trees by Tree Growth Zone. Dec = deciduous; Evr = evergreen.

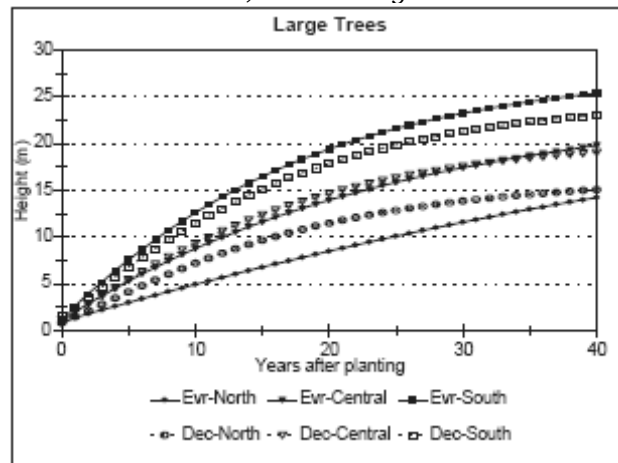
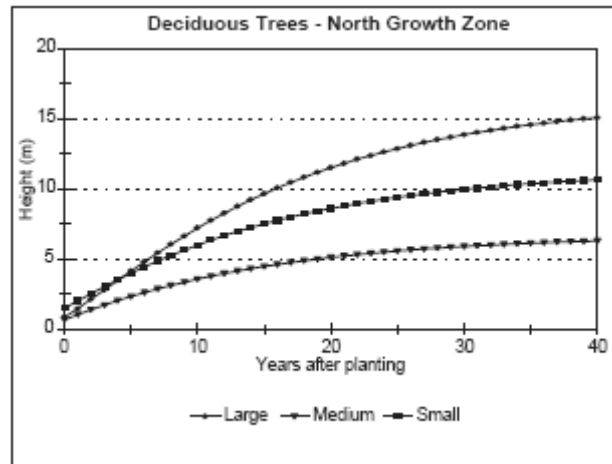


fig.16- Deciduous trees of the Northern Growth Zone.



Coefficienti di sopravvivenza. (Solo in FL).

Le riduzioni prospettate di CO₂ sono molto sensibili, come risultati, al tasso di sopravvivenza delle piante. Dovrebbero essere fornite accurate descrizioni al fine di poter selezionare i coefficienti più appropriati. Sfortunatamente in letteratura il materiale trova difficilmente una trattazione organica e tratta quasi esclusivamente delle sole alberature urbane. Gli studi sinora condotti indicano che i tassi di sopravvivenza sono altamente variabili in dipendenza da fattori correlati all’impianto, alla collocazione ed alla cura degli alberi.

I tassi di mortalità solitamente sono grandi nei primi cinque anni, durante la fase di stabilizzazione delle piante. si riportano in letteratura, tassi di sopravvivenza entro un range dal 60 all’85% durante questo periodo di stabilizzazione (Foster and Blain, 1978; Nowak et al., 1990). Una volta stabilizzati, i tassi di sopravvivenza risultano molto più alti e più stabili. un indagine condotta nella città di Urbana, Illinois, ha trovato un coefficiente di sopravvivenza del 59% tra gli anni 1932 e 1982 (Dawson and Khawaja, 1985). L’età media delle piante rimosse nella città di Jersey, nel New Jersey, è risultata essere di 39 anni per il *Platanus acerifolia* e di 48 anni per l’ *Acer platanoides* (Polanin, 1991).

Sulla base di una recensione in letteratura, si riporta ora una tabella in cui sono riportati i tassi di sopravvivenza ad intervalli di cinque anni di periodo. I dati possono essere personalizzati avendo a disposizione dati propri oppure utilizzando diversi gradi di intensità di sopravvivenza proposti dalla *tab.7*.

tab.7- *Tree survival fractions list the percentage of trees planted that are assumed to be alive at each 5-year period.*

Year	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
Moderate	0.75	0.71	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.49
High	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67
Low	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30

All’atto della selezione dei coefficienti in modo appropriato, si consiglia di considerare i seguenti fattori:

- Condizioni e taglia dello *stock*: radici nude richiedono d’esser maneggiate con molta cura. In aree soggette a vandalismi, meglio mettere a dimora le piante più grandi e forti a disposizione.
- Tecniche d’impianto, partecipazione e cure iniziali: i tassi di sopravvivenza risultano più alti se durante le operazioni di impianto è presente un supervisore che controlli le giuste procedure. Ricerche hanno dimostrato che i residenti che partecipano all’impianto trovano più soddisfazione rispetto ad un impianto condotto tramite ditte private od enti (Sommer et al., 1994). Questa soddisfazione può portare ad una maggior dedizione e cura dopo l’impianto garantendo una sopravvivenza più rilevante. Naturalmente, l’intensità di cure iniziali come irrigazione, potatura, ispezioni etc. influenzerà molto i tassi di sopravvivenza.
- Collocazione e condizioni di crescita: le piante in zone residenziali, giardini o altro, possono avere un tasso di

sopravvivenza più elevato rispetto alle alberature urbane in quanto le prime sicuramente sono soggette a minor danneggiamento da inquinanti, automezzi vandalismi etc.

Coefficienti età/sopravvivenza. I coefficienti di età e di sopravvivenza sono moltiplicati tra loro per ottenere il rapporto età/sopravvivenza per ogni periodo di cinque anni. I coefficienti sono forniti per ciascuna Zona di Crescita e per ciascun processo interessato (e.g., ombreggiamento, condizionamento etc.). Le tavole complete si trovano in appendice del modello. I coefficienti sono poi moltiplicati per il loro rispettivo massimo per calcolare il rapporto risparmi/rilasci ad ogni intervallo di cinque anni. Facendo poi la sommatoria delle medie dei cinque anni si totalizza il valore dei 40 anni per determinare il totale di CO₂ rilasciata ed evitata. La *tab.8* illustra i coefficienti età/sopravvivenza per le riduzioni di CO₂ dovute al sequestro ed al condizionamento offerto dall’ombra, così come riporta anche la quantità di CO₂ rilasciata attraverso le operazioni di cura delle piante.

tab.8- *Combined Tree Age/Survival Fractions for the North Tree Growth Zone, moderate survival rate.*

Years after Planting	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
Shade Cooling	0.04	0.17	0.29	0.39	0.47	0.50	0.53	0.54
Sequestration	0.05	0.18	0.34	0.44	0.47	0.46	0.43	0.40
Maintenance	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42	0.45	0.48	0.49

[†]Taken from *table 113, Appendix H.*

3.8 Calcolo del costo per tonnellata

Una misura dell’efficacia finanziaria è utile per comparare il ROI (*Return on Investment*) di programmi cosiddetti Shade Tree come quelli trattati, con altre misure adottabili per la riduzione di CO₂ o anche con programmi alternativi di selvicoltura urbana. Una delle tecniche più semplici per comparare l’efficacia dei costi consiste nel valutare il flusso dei costi del programma ed i benefici netti in termini

di CO₂ per calcolare poi il costo per tonnellata netta di CO₂ ridotta (\$/t):

$$\text{Cost effectiveness} = \text{Total Program Cost} / \text{Total Net CO}_2 \text{ Benefit} \quad \text{(eq.3)}$$

Questo calcolo viene ben sviluppato nel secondo foglio di lavoro per un periodo di 40 anni. Questa misura di efficacia finanziaria tiene conto dei valori futuri dei costi e dei benefici ottenuti nei differenti momenti. L'utilità può essere quindi limitata perché non converte valori futuri nel loro equivalente valore presente. Nelle linee guida non si è preso in considerazione questo passo in quanto gli enti le ditte, le agenzie etc. hanno specifiche procedure ed assunzioni, diverse magari per ognuna, all'atto di effettuare uno sconto dei valori al presente, non potendo quindi ottenere un valore univoco. Perciò, l'efficacia finanziaria derivata dall'equazione 3 dovrebbe essere piuttosto vista come un indicatore preliminare, finché non sia condotta un'analisi più completa e differenziata (manuali consigliati: Stokey and Zeckhauser, 1978; Zerbe and Dively, 1994; Pikelney et al., 1996).

4 Risultati.

Applicazione di un programma.

Questo capitolo illustra le linee guida fornite nel capitolo precedente usando l'esempio di un impianto esistente in Arizona. Si riporta il programma a titolo di esempio solo come trattazione della FL; questa sede non vuol sostituirsi alla trattazione svolta nel modello di riferimento, ma vuole solamente riportarne l'analisi per evidenziare i risultati ed i calcoli da dove sono stati derivati, anche per dare coerenza alle linee guida ed ai riferimenti esposti nei precedenti capitoli. Si rimanda perciò al modello per una più completa trattazione dell'argomento con relative tavole integrali suddivise per zona nelle varie Appendici, riservando a questa sede il riporto di metodi e risultati per commentarli poi nelle conclusioni evidenziando i risultati ottenuti tramite l'analisi di sensitività.

4.1 Programma esistente a Tucson, Arizona.

Il programma “*Cool Communities Demonstration Project*” sta monitorando i cambiamenti dell'ambiente sociale e fisico delle città con un programma di impianto di alberi per mitigare il calore delle “isole urbane”. Una parte di questo programma, 299 alberi di taglia grande, furono piantati per ombreggiare 104 residenze nella base militare di Davis-Monthan (D-M), presso Tucson in Arizona tra il 1993 ed il 1997 (*fig.17*). Il programma, così come la scelta delle specie era coordinato dall'*American Forests* in collaborazione con associazioni locali e professionisti esperti della zona. La valutazione degli impatti sul clima e sull'uso energetico è condotta attualmente dalla *Tucson Electric Power (TEP)*, dall'Università dell'Arizona e dallo *USDA Forest Service*.

fig.17- Palo Verde study site at Davis-Monthan Air Force Base, Tucson, AZ (circles indicate projected tree coverage in 40 years).



Gli obiettivi del progetto sono di:

1. Monitorare il cambiamento nella composizione delle specie, taglia, età e salute della piante esistenti ed in programma; rilevare i fattori che possano essere responsabili di un peggioramento delle condizioni e trovare soluzioni gestionali.
2. Misurare il consumo in kWh dai contatori dedicati di 12 unità residenziali attrezzate per determinare gli impatti dell'ombreggiamento sui carichi energetici richiesti dal condizionamento.
3. Calibrare il programma in modo che, utilizzando i dati dei contatori si possano simulare i risparmi energetici futuri per riscaldamento/condizionamento quando le piante avranno raggiunto la maturità.
4. Stimare benefici futuri ulteriori come le riduzioni di CO₂, così come i costi d'impianto e di cura in modo da determinare il valore attuale dei benefici netti dei 40 anni del progetto.

Si è deciso di utilizzare la FL per questo tipo di analisi dal momento che ci sono fornite le distanze e gli azimut precisi delle piante rispetto agli edifici e che tutte le unità sono condizionate con dei contatori appositi per il programma.

4.1.1 Dati sugli edifici e sul sito.

Tavole di analisi dal cap. 4 del modello.

tav.I - Descrizione del programma

I. Background Information	
Name:	John Guenther
Date:	Feb. 2, 1998
Organization:	Tucson Electric Power
Project Title:	Palo Verde Phase I Tree Planting
Project Location:	Davis-Monthan Air Force Base, Tucson, Arizona
Goals of the Analysis:	Estimate carbon dioxide savings of an existing tree planting
Project Description:	A single planting of 275 trees in November, 1993, designed to reduce air conditioning loads in military housing at Davis-Monthan Air Force Base in Tucson, Arizona. Trees were planted in yards to shade residences and streets. Replacement and addition of trees in 1994 to 1997 brought the total number of trees planted to 299.

tav.II – Site and building data

II. Site and Building Data		A	B	C
1	Existing Tree + Building Cover (percent)	<u>11 pct</u>		
2	Default Home Vintage Names	<u>pre-1950</u>	<u>1950-80</u>	<u>post-1980</u>
3	Selected Home Vintage Names		<u>1950-80</u>	
4	Regional default home distribution by vintage	<u>19.3 pct</u>	<u>62.3 pct</u>	<u>18.4 pct</u>
5	Selected distribution of homes by vintage	<u>0</u>	<u>100 pct</u>	<u>0</u>
6	Climate Region	<u>Desert Southwest</u>		
7	Default electricity emissions factor	<u>0.377</u>		
8	Selected electricity emissions factor	<u>1.270</u>		
9	Cooling emissions factor adjustment (Ec)	<u>3.37</u>	(=Row 8/ Row 7)	
10	Heating emissions factor adjustment (EH)	<u>1.0</u>		

Note a tav.II:

1. Si vuole il dato di copertura spaziale degli edifici e delle piante, esclusi gli alberi del programma, analisi di foto aeree hanno portato ad una copertura edificata di 6% ed una copertura arborea di 5% per un totale di 11%.

2. Tutti gli edifici furono costruiti negli anni '70.

6. Consultare la *tab.9* per chiarimenti. Il clima di Tucson rispetto a quello delle 11 città di riferimento che descrivono le regioni climatiche, risulta essere particolarmente simile a quello della città di Phoenix appartenente alla regione denominata Desert Southwest.

7. 0.377 t CO₂ per MWh.

8. 1.270 t CO₂ per MWh, fornito dalla Tucson Electric Power, stimando il 99% dell'energia prodotta tramite carbone, 1% da gas naturale e altri combustibili, variando quindi a livello locale il coefficiente di *default*. I fattori possono variare considerevolmente fra gli stati anche in considerazione della materia prima di partenza per produrre energia.

9. $E_c = 1.270 / 0.377 = 3.37$

tab.9- Climate data for Tucson and selected reference cities.

City	Region	HDD ¹	CDD	LEH	K _T
Tucson, Arizona	Desert Southwest	1,751	2,813	1,011	0.679
Dallas, Texas	South Central	2,290	2,754	7,951	0.536
Fresno, California	Southwest	2,650	1,670	43	0.651
Houston, Texas	Gulf Coast/Hawaii	1,433	2,889	18,845	0.480
Phoenix, Arizona	Desert Southwest	1,552	3,506	967	0.686

¹ HDD = heating Degree Days (°F day, base 65 °F); CDD = Cooling Degree Days (°F day, base 65 °F); LEH = Latent Enthalpy Hours (Btuh/lb of dry air) and K_T = available sunshine (fraction).

4.1.2 Dati sugli alberi, risultati e considerazioni sul progetto.

A fronte di un censimento riassunto nelle seguenti tabelle, si riportano, continuativamente in forma tabulare i risultati delle analisi nella più precisa forma lunga.

In questa sede non ci si sofferma nei passaggi dei computi, il cui percorso è già stato spiegato sinora, per i quali si rimanda alla descrizione nel modello stesso. Si desidera in ogni caso sottolineare ancora una volta che nella forma breve sono adottati coefficienti medi per zona, mentre la forma lunga prevede un’analisi più dettagliata del sito con indagini, censimenti e studio di emissioni e consumi più verosimili.

tab. 10-Tree numbers by species and type.

Scientific Name	Common Names	Number	Type ¹
<i>Acacia minuta</i>	Sweet acacia	14	Dec Small
<i>Cercidium floridum</i>	Blue palo verde	5	Dec Small
<i>Pinus halapensis</i>	Aleppo pine	19	Evr Large
<i>Pistacia chinensis</i>	Chinese pistache	16	Dec Large
<i>Prosopis chilensis</i>	Chilean mesquite	152	Dec Med.
<i>Quercus virginiana</i> 'Heritage'	Heritage oak	77	Evr Large
<i>Rhus lancea</i>	African sumac	16	Evr Med.
Total		299	

¹ Dec = deciduous; Evr = evergreen; Med. = medium.

tab. 11-Tree Data: Tree Numbers by Type (all vintages between 1950 and 1980)

Vintage: 1950-1980			
Tree Type	Near	Far	Total
Dec-Large	16	0	16
Dec-Med.	143	9	152
Dec-Small	16	3	19
Evr-Large	92	4	96
Evr-Med.	16	0	16
Evr-Small	0	0	0
Total	283	16	299

¹ Dec = deciduous; Evr = evergreen; Med. = medium

tab.12- *Planting and stewardship costs (updated)*

IV. Planting and Stewardship Costs (dollars)								
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Years after planting							
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
1 Tree Planting	47,239							
2 Tree Care	23,650	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
3 Other Costs	5,700							
4 Subtotals	76,589	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
5 Total Costs	\$111,589							

Lo schema riassuntivo dei calcoli effettuati a Tucson viene riportato di seguito:

tab.13- 5 year total CO₂ Savings and Emissions (t CO₂), Tucson case study.

IX. Worksheet 2		5 year total CO ₂ Savings and Emissions (t CO ₂) ¹								Project Title: Tucson case study	
	High Survival	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Years After Planting								Cumulative Totals	36-40 yr no mortality
		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40		
Shade-Cooling											
1	Age/survival fraction	0.09	0.25	0.40	0.51	0.61	0.66	0.70	0.74		
2	Dec-Large ²	4.5	12.6	20.1	25.7	30.7	33.2	35.2	37.2	199	50.3
3	Dec-Medium	23.8	66.2	106.0	135.1	161.6	174.8	185.4	196.0	1,049	264.9
4	Dec-Small	1.9	5.2	8.2	10.5	12.6	13.6	14.4	15.2	82	20.6
5	Evr-Large ²	27.5	76.4	122.2	155.8	186.4	201.6	213.9	226.1	1,210	305.5
6	Evr-Medium	4.4	12.1	19.4	24.7	29.5	31.9	33.9	35.8	192	48.4
7	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
8	Shade Cool subtotal	62.1	172.5	275.9	351.8	420.8	455.1	482.8	510.3	2,731	
Shade:Heating											
9	Age/survival fraction	0.33	0.50	0.65	0.67	0.70	0.70	0.70	0.70		
10	Dec-Large	-0.3	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-5	-1
11	Deco-Medium	-2.6	-4.0	-5.1	-5.3	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-39	-7.9
12	Dec-Small	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-3	-0.6
13	Evr-Large	-4.4	-6.7	-8.6	-8.9	-9.3	-9.3	-9.3	-9.3	-66	-13.3
14	Evr-Medium	-1.1	-1.7	-2.2	-2.3	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-17	-3.4
15	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
16	Subtotal	-8.6	-13.2	-17.0	-17.6	-18.3	-18.3	-18.3	-18.3	-130	
Windbreak-Heating											
17	Evr-Large	2.7	4.1	5.3	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	40	8.2
18	Evr-Medium	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	5	1
19	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
20	Subtotal	3.0	4.6	6.0	6.2	6.4	6.4	6.4	6.4	45	
21	Shade Heat subtotal	-5.6	-8.6	-11.0	-11.4	-11.9	-11.9	-11.9	-11.9	-84	
22	Total Shade	56.5	163.9	264.9	340.4	408.9	443.2	470.9	498.4	2,647	
Climate-Cooling											
23	Age/survival fraction	0.02	0.11	0.23	0.36	0.47	0.56	0.63	0.68		
24	Dec-Large	1.1	6.2	12.9	20.2	26.4	31.5	35.4	38.2	172	56.2
25	Deco-Medium	4.8	26.2	54.8	85.8	112.0	133.4	150.1	162.0	729	238.3
26	Dec-Small	0.2	1.4	2.8	4.4	5.8	6.9	7.7	8.4	38	12.3
27	Evr-Large	8.2	44.9	94.0	147.1	192.0	228.8	257.4	277.8	1,250	408.6
28	Evr-Medium	0.7	3.7	7.8	12.2	16.0	19.0	21.4	23.1	104	34
29	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
30	Subtotal	15.0	82.4	172.3	269.7	352.2	419.6	472.0	509.5	2,293	
Climate-Heating											
31	Dec-Large	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	6	1.9
32	Deco-Medium	0.2	0.9	1.8	2.8	3.7	4.4	5.0	5.4	24	7.9
33	Dec-Small	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	1	0.4
34	Evr-Large	0.3	1.5	3.1	4.9	6.3	7.6	8.5	9.2	41	13.5
35	Evr-Medium	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	3	11
36	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
37	Subtotal	0.5	2.7	5.7	8.9	11.6	13.9	15.7	16.9	76	
38	Total Climate	15.5	85.1	178.0	278.6	363.8	433.5	487.7	526.4	2,369	

“Urban forestry e stima del carbonio”

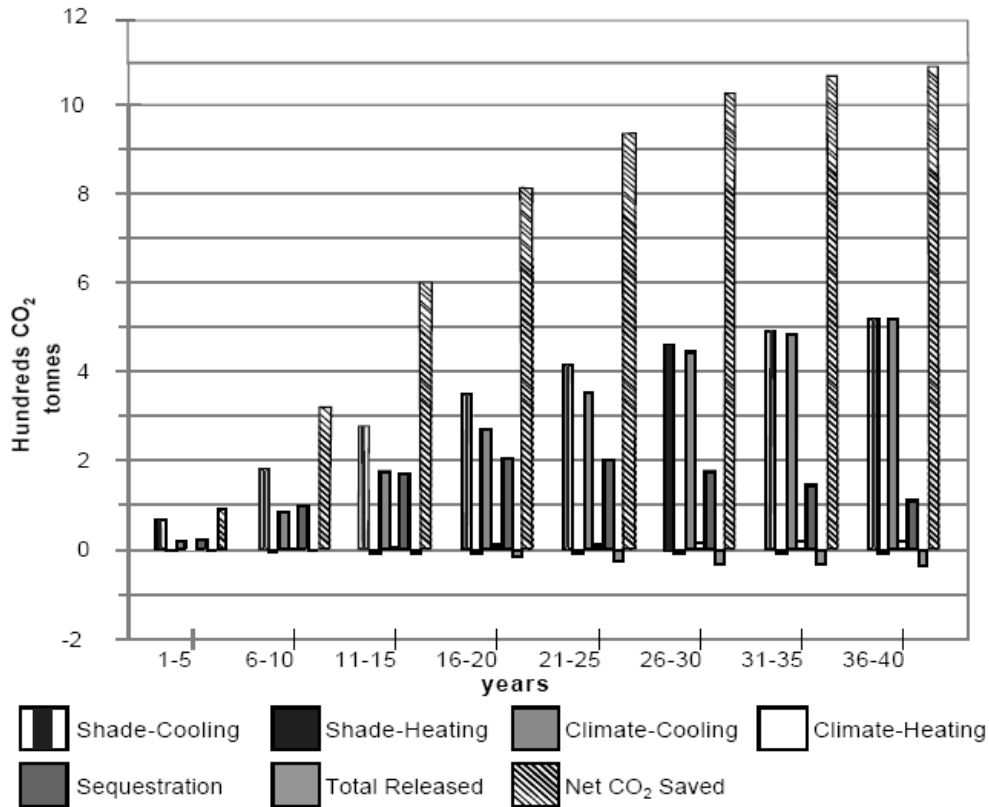
IX. Worksheet 2 (continued) 5 year total CO₂ Savings and Emissions (t CO₂) Project Title: Tucson case study

	High Survival	Years After Planting								Cumulative Totals	36-40 yr no mortality
		A	B	C	D	E	F	G	H		
		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40		
Sequestration											
39	Age/survival fraction	0.08	0.34	0.61	0.73	0.72	0.62	0.50	0.39		
40	Dec-Large	1.9	8.0	14.3	17.2	16.9	14.8	11.8	9.2	94	23.5
41	Dec-Medium	8.1	34.4	61.7	73.9	72.9	62.7	50.6	39.5	404	101.2
42	Dec-Small	0.2	1.1	1.9	2.3	2.2	1.9	1.6	1.2	12	3.1
43	Evr-Large	11.6	49.4	88.6	108.1	104.6	90.1	72.7	56.7	580	145.3
44	Evr-Medium	0.7	2.9	5.1	6.1	6.0	5.2	4.2	3.3	33	8.4
45	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
46	Total Sequestered	22.5	95.8	171.6	205.8	202.8	174.5	140.9	109.9	1,123	
Tree Decomposition											
47	Age/survival fraction	0.0003	0.0003	0.0009	0.0018	0.0028	0.0036	0.0044	0.0050		
48	Dec-Large	-0.1	-0.1	-0.4	-0.9	-1.3	-1.7	-2.1	-2.4	-9	-481.5
49	Dec-Medium	-0.6	-0.6	-1.9	-3.7	-5.8	-7.5	-9.2	-10.4	-40	-2,081.1
50	Dec-Small	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-1	-62.9
51	Evr-Large	-0.9	-0.9	-2.8	-5.5	-8.6	-11.0	-13.5	-15.3	-59	-3,068.2
52	Evr-Medium	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.3	-5	-251.2
53	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
54	Decomposition Total	-1.7	-1.7	-5.4	-10.7	-16.8	-21.3	-26.2	-29.7	-113	
Tree Maintenance											
55	Age/survival fraction	0.11	0.27	0.41	0.52	0.59	0.64	0.67	0.68		
56	Dec-Large	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-4	-0.9
57	Dec-Medium	-0.7	-1.7	-2.6	-3.3	-3.7	-4.0	-4.2	-4.3	-25	-6.3
58	Dec-Small	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-2	-0.5
59	Evr-Large	-0.6	-1.6	-2.4	-3.0	-3.4	-3.7	-3.9	-3.9	-22	-5.8
60	Evr-Medium	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-3	-0.8
61	Evr-Small	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0
62	Tree Maint. Total	-1.6	-3.8	-5.9	-7.5	-8.4	-9.1	-9.5	-9.6	-55	
Program-related Emissions											
63	Age/survival fraction	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
64	Tree Production	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1	-1.1
65	Tree Program	-3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3	-3.9
66	Prod/Program Total	-4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4	
67	Total Released	-7.5	-5.5	-11.3	-18.2	-25.0	-30.4	-36.7	-39.3	-173	
68	Net CO₂ Saved	87.0	339.3	603.2	806.4	950.3	1,020.8	1,063.8	1,095.4	5,966	
69	Cost of conserved CO₂ = Total program cost (IV.A5):						\$111,589				
70	divided by Net CO₂ saved (I68,tonnes):						5,966		=		\$19/ tonne

¹ Filled in example of Table IX taken from Appendix B.

² Dec = deciduous; Evr = evergreen

fig. 18- Projected CO₂ savings (+) and releases (-) for each 5-year period in Tucson.



Si desidera in questa sede soffermarci sul dato finale, cioè i 19\$ di costo per tonnellata di CO₂ alla fine del programma. Considerando un fattore tCO₂/MWh analizzato in tale caso di studio e pari a 1.270 e prendendo atto del fatto che in Italia i costi si aggirano attorno ai 60€/MWh (fonte: ENEL s.p.a.) si può tranquillamente affermare che nella realtà italiana il beneficio netto sarebbe molto elevato (circa 40€).

In altre realtà, per via del minore costo dell’energia, ricavata da diverse fonti il beneficio netto si assottiglierebbe; ad esempio l’energia in Europa costa in media 40€/MWh, scendendo a 35 per quella ricavata dal nucleare. Un siffatto paragone non sarebbe corretto in quanto sono stati messi a confronto analisi in paesi diversi, con diverse fonti di energia, diversi costi etc. ma in questa sede si vuole

confrontare l'ordine di grandezza dei risultati e dei benefici ottenibili ed in quest'ottica il beneficio netto appare chiaro.

Un punto interrogativo da sviluppare con la ricerca futura è ancora costituito però dagli eventuali costi e benefici allo scadere dei programmi; per questo si deve attendere la scadenza dei primi avviati negli USA e successivamente riverificare l'eventuale convenienza effettiva nel continuare con gli impianti e con la manutenzione degli stessi, convenienza che per ora sembra avere un buon margine.

Un'altra considerazione merita il prezzo delle quote di carbonio. Infatti se si considera un valore attuale di mercato di circa 25 €/tCO₂ per gli ETS (*Emissions trading System*), cioè i crediti di carbonio nel nostro caso, si può ben percepire il valore virtuale del risparmio aggiuntivo in termini monetari e di CO₂. Sostanzialmente questo risparmio è dovuto alle emissioni evitate, non tanto alla quota di carbonio stoccato nella pianta, che è comunque considerevole ma che sarà destinata a tornare in circolo, mentre un'emissione evitata costituisce un non-inquinamento alla fonte ed viene ad essere quindi il grosso valore aggiunto della selvicoltura urbana, valore che in futuro si auspica veramente spendibile come credito in modo tale da internalizzare un siffatto beneficio per la collettività, svolto dalle piante.

5 Caso di studio: Padova, zona universitaria

5.1 Descrizione zona ed obiettivi

A conclusione di questo elaborato, si è deciso di effettuare un’analisi ed un caso di studio in un’area più vicina a quella italiana.

In particolare si è deciso di effettuare un’analisi ed un censimento su di un’area di proprietà dell’Università, nell’area compresa tra le vie Loredan, Marzolo, Jappelli, Meneghetti e Poleni come indicato nelle fig. 18,19,20. In tale area di circa 5.6 ha di superficie, ricadono edifici afferenti alle facoltà di Ingegneria, Farmacia, Medicina e Scienze MM. FF. NN.

fig.19- visione d’insieme dell’area di studio (fonte: Google maps)



fig.20- visione d'insieme dell'area di studio (fonte:file dxf Provincia Padova ed ufficio tecnico dell'Università)



fig.21- visione d'insieme dell'area di studio (fonte: Google maps)



La zona presenta una composizione mista degli edifici: alcuni recenti ma la maggior parte risalenti ai primi del '900. Grazie all'interessamento ed alla collaborazione al progetto da parte dell'Università di Padova nella persona della dott.ssa Mimma De Gasperi, *Energy manager* dell'Università, in particolare, e del personale dell'ufficio tecnico, è stato possibile usufruire di una cartografia dettagliata di tutta la zona in scala 1:200 comprensiva anche di quasi tutte le essenze arboree messe a dimora. Non è stato possibile rinvenire tutti i dati relativi all'impianto degli alberi e la distribuzione

in classi degli stessi risulta piuttosto eterogenea, in ogni caso la maggior parte degli individui risulta essere già in stadio di maturità, quindi individui che ben si prestano ad un’analisi del nostro tipo.

Obiettivo del lavoro è stato quello di compiere un’ analisi incentrata in particolare sul carbonio, in termini di CO₂. Per cui, una volta ottenuti i dati relativi al nostro “popolamento urbano” si è deciso di analizzare gli stessi tramite equazioni di biomassa e con semplici calcoli si è potuto giungere ai quantitativi di CO₂ stoccati e ad altri dati di popolamento. Successivamente, sempre con i dati del censimento si è creato un *database* e si sono caricati i dati per essere elaborati tramite il software STRATUM (Street Tree Resource Analysis Tool for Urban-Forest Managers). I dati ottenuti poi necessitano di discussione, commenti ed analisi critica per capire i fattori chiave di tutto lo studio, sottolineare i punti di forza e possibile miglioramento e cercare di ovviare a quelli fragili.

5.2 Materiali e metodi

Innanzitutto è stata preparata una scheda per effettuare il censimento, i campi fondamentali della scheda, richiesti poi anche dal software per l’analisi sono (integralmente dal manuale di STRATUM):

- **TreeId** - a number assigned to each tree within a particular city in order to distinguish trees and count the number of trees per city. Each record must have a TreeId; it must be numeric and it is recommended that this number be unique.
- **Zone** - an alphanumeric code or name that represents the management area or zone that the tree is located in within a particular city. If no zones or areas are associated with inventoried trees, 1 is entered for each record.
- **StreetSeg** - a numeric code (must be a positive integer) to identify the street segment within a city where the tree is located.

- **CityManaged** - a numeric code to distinguish trees owned by the city (1) and those privately planted and managed (2).
 - **SpCode** - an alphanumeric code consisting of the first two letters of the genus name and the first two letters of the species name followed by two optional letters or numbers to distinguish two species with the same four-letter code.
 - **LandUse** - a numeric code to describe the type of area where the tree is growing. The default values are as follows:
 - 1 = Single-family residential
 - 2 = Multi-family residential (duplex, apartments, condos)
 - 3 = Industrial/large commercial
 - 4 = Park/vacant/other (agricultural, riparian areas, greenbelts, park, etc.)
 - 5 = Small commercial (minimart, retail boutiques, etc.)Additional or alternative definitions (up to 10) can be defined in STRATUM. If no LandUse value is available, 0 (zero) is entered for each record.
 - **LocSite** - a numeric code to describe the kind of site where the tree is growing. The default values are as follows:
 - 1 = Front yard
 - 2 = Planting strip
 - 3 = Cutout (tree root growth restricted on all four sides by hardscape within dripline)
 - 4 = Median
 - 5 = Other maintained locations
 - 6 = Other un-maintained locations
 - 7 = BackyardAdditional or alternative definitions (up to 10) can be defined in STRATUM. If no LocSite value is available, 0 (zero) is entered for each record.

- **DBH** – a numeric entry for the diameter at breast height (4.5 ft [1.37 m] above the ground). Alternatively, up to 9 numerical categories can be used to define classes

- **MtncRec** - a numeric code to describe the recommended maintenance for the tree. The default values are as follows:

1 = None – tree does not need immediate or routine maintenance.

2 = Young tree (routine) – tree is less than 18 ft. tall and in need of maintenance; health or longevity of tree is not compromised by deferring maintenance for up to five years.

3 = Young tree (immediate) – tree is less than 18 ft. tall and in need of maintenance; deferring maintenance beyond one year would compromise health or longevity of tree.

4 = Mature tree (routine) – tree is more than 18 ft. tall and in need of maintenance; health or longevity of tree is not compromised by deferring maintenance for up to five years.

5 = Mature tree (immediate) – tree is more than 18 ft. tall and in need of maintenance; deferring maintenance beyond one year would compromise health or longevity of tree.

6 = Critical concern (public safety) – tree should be inspected without delay.

Additional or alternative definitions (up to 10) can be defined in STRATUM. If no MtncRec value is available, 0 (zero) is entered for each record.

- **PriorityTask** - a numeric code to describe the highest priority task to perform on the tree. The default values are as follows:

1 = None – tree does not need maintenance.

2 = Stake/train – staking or training needed to encourage a straight trunk, strong scaffold branching, or eliminate multiple leaders, crossing branches, and girdling ties. Includes removing or replacing stakes and ties to prevent damage to tree bole.

3 = Clean – crown needs cleaning to remove dead, diseased, damaged, poorly attached, or crossing branches to increase health or longevity of tree.

4 = Raise – crown should be raised by removing lower branches from the tree trunk to eliminate obstructions or clearance issues.

5 = Reduce – crown should be reduced/thinned by pruning to reduce tree height, spread, overcrowding, wind resistance, or an increase of light penetration.

6 = Remove – tree is dangerous, dead or dying, and no amount of maintenance will increase longevity or safety.

7 = Treat pest/disease – insects, pathogens, or parasites are present and detrimental to tree longevity; treatment should be given to maintain longevity.

Additional or alternative definitions (up to 10) can be defined in STRATUM. If no PriorityTask value is available, 0 (zero) is entered for each record.

- **SwDamg** – a numeric code to describe the amount of sidewalk damage. The default values are as follows:

1 = None – sidewalk heaved less than $\frac{3}{4}$ inch, requiring no remediation.

2 = Low – sidewalk heaved $\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ inches, requiring minor grinding or ramping.

3 = Medium – sidewalk heaved $1\frac{1}{2}$ to 3 inches, requiring grinding or ramping and/or replacement.

4 = High – sidewalk heaved more than 3 inches, requiring complete removal and replacement.

Alternative definitions (up to 4) can be defined in STRATUM. If no SwDamg value is available, 0 is entered for each record.

February 2008 139 i-Tree Software Suite User’s Manual
Appendix D. STRATUM Appendicies

- **WireConflict** – a numeric code to describe utility lines that interfere with or are present above a tree. The default values are as follows:

1 = No lines – no utility lines within vicinity of tree crown

2 = Present and not conflicting – utility lines occur within vicinity of tree crown, but crown does not presently intersect wires.

3 = Present and conflicting – utility lines occur and intersect with tree crown.

Additional or alternative definitions (up to 5) can be defined in STRATUM. If no WireConflict value is available, 0 (zero) is entered for each record.

- **CondWood** – a numeric code to describe the health of the tree’s wood (its structural health) as per adaptation of the Council of Tree and Landscape Appraisers (CTLA) tree appraisal standards. The default values are as follows:

1 = Dead or Dying - extreme problems

2 = Poor - major problems

3 = Fair - minor problems

4 = Good - no apparent problems

Classes must be ordered in ascending order, with the poorest rating having the lowest numerical value. Additional or alternative definitions (up to 10) can be defined in STRATUM. If no condition value is available, 0 (zero) is entered for each record.

If only one condition rating is inventoried, enter the same values for both CondWood and CondLvs.

- **CondLvs** – a numeric code for the health of the tree’s leaves (its functional health) as per adaptation of CTLA tree appraisal:

1 = Dead or dying - extreme problems

2 = Poor - major problems

3 = Fair - minor problems

4 = Good - no apparent problems

Classes must be ordered in ascending order, with the poorest rating having the lowest numerical value.

- **OtherOne** – a numeric field with up to 10 variables to be defined by user. If no OtherOne value is available, 0 (zero) is entered for each record.
- **OtherTwo**
- **OtherThree.**

La scheda create ed utilizzata per il censimento è riportata in *fig. 21*.

Oltre ai dati richiesti si sono riportati anche dati usufruibili potenzialmente per più ampie analisi o per altri software (e.g. UFORE); dati quali l'ampiezza della chioma, il diametro della stessa, l'altezza della pianta, l'inserzione dei palchi e considerazioni strutturali e sanitarie aggiuntive (vd. figura).

fig.22- scheda utilizzata per il censimento

SCHEDA RILIEVO VERDE ARBOREO UNIVERITA' DEGLI STUDI DI PADOVA										
DATI GENERALI										
Rilevat.	<input type="text"/>	Area	<input type="text"/>	Unità	<input type="text"/>					
Data	<input type="text"/>	Zona	<input type="text" value="centrale"/>	Collocazione	<input type="text" value="isolato"/>					
			<input type="text" value="periferica"/>		<input type="text" value="gruppo"/>					
Numero progressivo	<input type="text"/>				<input type="text" value="filare"/>					
CARATTERISTICHE										
Nome comune	<input type="text"/>	Gen.sp.A.	<input type="text"/>							
Crf a 1,30 m (cm)	<input type="text"/>	Altezza (m)	<input type="text"/>							
Diametro a 1,30 m (cm)	<input type="text"/>	Altezza 1° palco (m)	<input type="text"/>							
Anno d'impianto	<input type="text"/>	Diametro della chioma (m)	<input type="text"/>							
Struttura della chioma	<input type="text" value="F. naturale"/>	Altezza del diam. max della chioma(m)								
	<input type="text" value="F. obbligata"/>									
<input type="text" value="Pianta capitozzata"/>			Governo	<input type="text" value="Monocormico"/>						
<input type="text" value="Branche capitozzate"/>				<input type="text" value="Policormico"/>						
<input type="text" value="Dominante"/>			<input type="text" value="Albero sano e vigoroso"/>							
<input type="text" value="Codominante"/>			<input type="text" value="Albero di discreto vigore, ferite lievi in cicatrizz. attacchi parassitari limitati"/>							
<input type="text" value="Dominato"/>			<input type="text" value="Albero modesto vigore, ferite mal cicatrizzate, presenza di gravi attacchi parassitari"/>							
<input type="text" value="Sottoposto"/>			<input type="text" value="Albero con processi di deperimento irreversibili, ferite rilevanti, presenza di corpi fruttiferi"/>							
<input type="text" value="Rami epicormici"/>			<input type="text" value="Albero morto o quasi interamente secco."/>							
<input type="text" value="Presenza di polloni"/>										
<input type="text" value="Chioma asimmetrica"/>										
<input type="text" value="Tronco inclinato"/>										
<input type="text" value="Biforcaz. Ed inserz. Di branche o rami deboli"/>										
PROBLEMI DEL SITO										
<input type="text" value="Spazio limitante per lo sviluppo epigeo"/>										
<input type="text" value="Spazio e/o ambiente limitante per lo sviluppo ipogeo"/>										
ASPETTI DI CANTIERE										
<input type="text" value="Possibilità d'accesso con i mezzi"/>										
<input type="text" value="Cantiere stradale"/>										
UFORE										
								Dieback	<input type="text"/>	%
Land use	<input type="text"/>	D# - direction to buiding (energy conservation)		<input type="text"/>		°				
Percent canopy missing	<input type="text"/>	S# - shortest distance to the building (e.c.)		<input type="text"/>		m				
Height to live top	<input type="text"/>	CLE		<input type="text" value="-111121314151"/>						
STRATUM										
Tree ID	<input type="text"/>	PriorityTask	<input type="text" value="111213141516171"/>							
StreetSeg	<input type="text"/>	SwDamage	<input type="text" value="111213141"/>							
CityManaged	<input type="text" value="2 -> Università "/>	WireConflict	<input type="text" value="1112131"/>							
LandUse	<input type="text" value="4 - park/vacant/other"/>	CondWood	<input type="text" value="111213141"/>							
LocSite	<input type="text" value="111213141516171"/>	CondLvs	<input type="text" value="111213141"/>							
MtncRec	<input type="text" value="1112131415161"/>	Other	<input type="text"/>							
NOTE:										
<input type="text"/>										
<input type="text"/>										
<input type="text"/>										

Come strumentazione si è utilizzata una cordella per misurare le circonferenze delle piante *fig. 22*, mentre le altre caratteristiche sono state valutate dal tesista “a vista” singolarmente di pianta in pianta con un’accuratezza accettabile dal tipo di analisi.

fig.23- cordella diametrica



fig.24- esemplare di cedro in zona universitaria



Una volta raccolti tutti i dati, si sono trasferiti gli stessi in un foglio di calcolo di Excel per poter essere elaborati. Per un primo sommario calcolo della biomassa (peso secco) si sono utilizzate le equazioni prese da *Jenkins et al. “Comprehensive Database of Diameter-based Biomass Regressions for North American Tree Species”*.

Le equazioni usate si presentano sotto forma esponenziale, in particolare la formulazione generale è la seguente:

$$bm = \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 \ln dbh) \quad \text{eq. 3}$$

dove:

bm = biomassa totale sopraterza (kg) per piante di 2.5 cm o più di d.b.h

dbh = diametro a petto d'uomo (cm)

β_i = coefficienti di calibratura in funzione delle specie.

Per le *hardwood* (corrispondenti alle nostre latifoglie) l'equazione utilizzata è stata quindi:

$$bm = \text{Exp}(-2.4800 + 2.4835 \ln dbh)$$

mentre per le *softwood* (corrispondenti alle nostre conifere):

$$bm = \text{Exp}(-2.0336 + 2.2592 \ln dbh)$$

In generale poi, per alcune specie sono disponibili solo equazioni sviluppate in ambito forestale; l'uso di tali equazioni potrebbe sottostimare secondo Jo e McPherson (Jo e McPherson, 1995), la biomassa degli alberi in studio. Un albero urbano con lo stesso diametro o altezza di un albero in foresta potrebbe avere una chioma più ampia grazie ad una minore competizione o maggior fertilizzazione. Ciononostante, le povere condizioni radicali, potature severe, calura ed inquinamento atmosferico possono diminuire l'accumulo di biomassa negli alberi urbani. Nelle condizioni italiane, tuttavia, è più probabile comunque una sovrastima della biomassa, date la potature di forte intensità spesso attuate, la scarsa irrigazione ed il poco spazio a disposizione per l'accrescimento.

Per quanto riguarda la componente radicale, nel peso della pianta poi si sono considerate le radici influenti per un 25%

(Maggs,1960; Whittaker,1962; Bray, 1963). Per trovare la componente di carbonio stoccata in prima approssimazione è sufficiente moltiplicare il peso secco per un fattore di 0.5; per risalire dal carbonio alla CO₂ si moltiplica il dato per il coefficiente stechiometrico 3.667 pari al rapporto tra il peso molecolare della CO₂ e quello del carbonio.

Altri dati ottenibili sono la stima dell'area d' insidenza delle chiome sommando le aree dei cerchi delle chiome e confrontando il risultato con l'area totale per poterne ricavare la percentuale.

Altri calcoli, di minor interesse ai fini di questo lavoro, sono stati effettuati coi dati a disposizione ad es. si è voluta verificare la relazione lineare intercorrente fra diametro del fusto ed altezza della pianta, relazione provata e verificata solo per le specie più numerose del censimento (tiglio, cedro). Consecutivamente all'analisi nel foglio di calcolo si sono importati i dati per poterli utilizzare col software STRATUM.

Non è questa la sede per descrivere tale software in quanto occorrerebbe un' intera tesi per spiegarne il funzionamento, i coefficienti usati e le funzione adottate e calcolate, ciononostante alcuni richiami non possono essere evitati.

STRATUM è un programma che consente di ricavare dai dati di un censimento la **struttura** del popolamento in esame (disposizione, composizione, copertura), le **funzioni** (benefici ambientali ed estetici), il **valore** (benefici e costi annuali monetizzati), ed i **bisogni** e costi di mantenimento degli individui.

I benefici quantificati consistono in:

- conservazione dell'energia (efficienza energetica aumentata per gli edifici);
- miglioramento della qualità dell'aria (intercettazione degli inquinanti);
- riduzione di CO₂ (grazie soprattutto alla evitazione delle emissioni);

- aumento di valore delle proprietà;
- riduzione del deflusso delle acque meteoriche.

I dati naturalmente sono elaborati dal software in maniera più specifica ad es. con l'utilizzo di equazioni specie-specifiche ricavate in ambito urbano, con distinzione in diverse zone di accrescimento (da selezionare quella più simile alla pianura padana), con l'inserimento di coefficienti specifici di correzione per ogni pianta. Ciò nonostante i risultati ottenuti dall'analisi software sono abbastanza vicini a quelli calcolati in via approssimativa e dello stesso ordine di grandezza, per cui nei risultati e nella discussione ci si soffermerà maggiormente sui risultati e sui *reports* dell'analisi software; ricordo che obiettivo di questo lavoro non è la quantificazione minuziosa dei risultati (lo si lascia ai già molti lavori presenti in letteratura) ma lo spiegare tecniche e strategie ottimali di impianto e di calcolo per mostrare le grandi potenzialità dello *Urban Tree Planting* ed i risultati del semplice caso di studio, seppure non molto precisi, comunque nei loro ordini di grandezza ben supportano questa tesi.

Ulteriori fattori da tenere in considerazione per l'analisi relativa ai benefici derivanti dal risparmio e impostati nel software in base ai dati relativi all'Italia sono:

costo MWh = circa €60 (Enel s.p.a.);

valore quota di carbonio nel mercato = circa €25;

altri valori quali il costo di una quota di altri inquinanti sono assunti standard in una media europea, naturalmente i benefici che più ci interessano però sono quelli “virtualmente” spendibili o risparmiabili e derivanti dalle emissioni evitate e dall'energia risparmiata.

5.3 Risultati

I risultati del censimento e la tabelle di elaborazione dei dati unitamente ai *reports* dell'analisi condotta con STRATUM sono di seguito riportati.

tab.14- risultati censimento

Page 1 of 2

Sample City										
Population Summary of Public Trees										
6/12/2008										
Species	DBH Class (cm)									Total
	0-8	8-15	15-30	30-46	46-61	61-76	76-91	91-107	>107	
Broadleaf Deciduous Large (BDL)										
Tilia cordata	0	1	71	6	7	2	0	0	0	87
Acer platanoides	0	5	2	0	0	0	0	0	0	7
Fraxinus excelsior	0	0	3	1	1	0	0	0	0	5
Cellis occidentalis	0	1	1	0	1	1	0	0	0	4
BDL OTHER	0	1	4	2	0	0	0	0	0	7
Total	0	8	81	9	9	3	0	0	0	110
Broadleaf Deciduous Medium (BDM)										
Acer campestre	0	4	4	0	0	0	0	0	0	8
Carpinus betulus	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
Catalpa bignonioides	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
BDM OTHER	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3
Total	0	13	6	0	1	0	0	0	0	20
Broadleaf Deciduous Small (BDS)										
BDS OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Broadleaf Evergreen Large (BEL)										
Quercus ilex	0	1	8	0	0	0	0	0	0	9
BEL OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	1	8	0	0	0	0	0	0	9
Broadleaf Evergreen Medium (BEM)										
Prunus laurocerasus	0	0	15	1	1	0	0	0	0	17
Magnolia grandiflora	0	0	5	4	1	0	0	0	0	10
Laurus nobilis	0	0	5	2	0	0	0	0	0	7
BEM OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	25	7	2	0	0	0	0	34
Broadleaf Evergreen Small (BES)										
BES OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conifer Evergreen Large (CEL)										
Cedrus deodara	0	0	1	5	5	3	4	2	0	20
Picea abies	0	0	2	2	1	0	0	0	0	5
Cryptomeria japonica	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3
CEL OTHER	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	0	0	6	8	6	3	4	2	0	29
Conifer Evergreen Medium (CEM)										
Thuja orientalis	0	3	2	2	0	0	0	0	0	7
CEM OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	3	2	2	0	0	0	0	0	7
Conifer Evergreen Small (CES)										
Taxus baccata	0	3	2	1	0	0	0	0	0	6
CES OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	3	2	1	0	0	0	0	0	6
Palm Evergreen Large (PEL)										
Chamaerops humilis	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
PEL OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Palm Evergreen Medium (PEM)										
PEM OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Palm Evergreen Small (PES)										
PES OTHER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

tab. 14bis- risultati censimento

Sample City Page 2 of 2

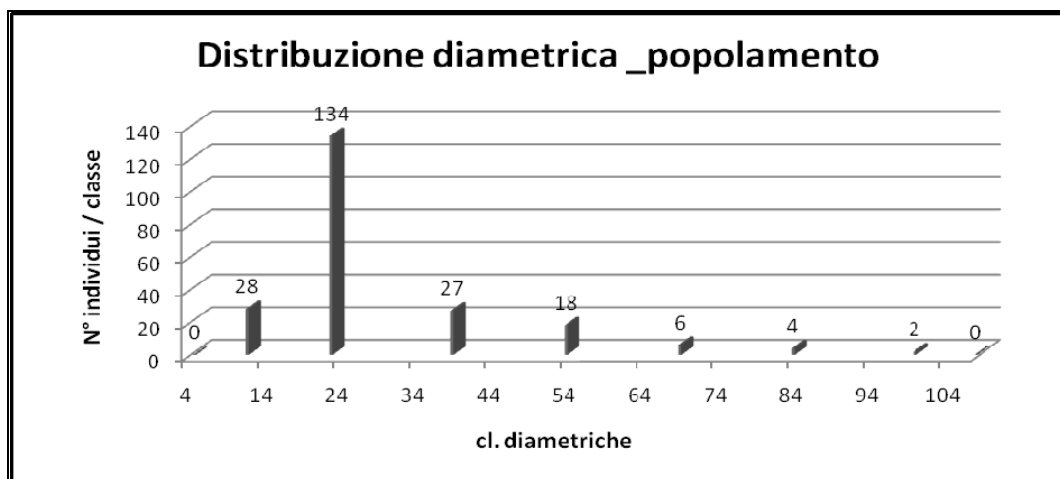
Population Summary of Public Trees

6/12/2008

Species	DBH Class (cm)								Total	
	0-8	8-15	15-30	30-46	46-61	61-76	76-91	91-107		>107
Grand Total:	0	28	134	27	18	6	4	2	0	219

Dai dati così ottenuti e suddivisi per tipo di individui (conifere/latifoglie, sempreverdi/decidue, diversa taglia), si può ricostruire una sintesi della distribuzione diametrica di popolamento.

fig. 25- grafico della distribuzione diametrica del popolamento



Da tale grafico si può notare come il picco massimo di individui sia attorno alla classe del 25, questo a sottolineare mediamente la quasi maturità degli individui, uscenti ormai dalla fase di giovinezza e quindi potenzialmente portatori di benefici considerevoli. Tiglio (*Tilia europaea*) e Cedro (*Cedrus deodara*) sono le specie che maggiormente incidono nell’analisi sia in termini numerici rispettivamente 87 e 20 individui sia soprattutto in termini di taglia e biomassa, e pertanto anche di benefici prodotti.

Per quanto riguarda queste due specie si è voluto verificare la relazione lineare intercorrente tra diametro (cm) ed altezza della

pianta (m). Infatti tale linearità è sfruttata nel mondo della ricerca per costruire equazioni di biomassa in riferimento unicamente al diametro della pianta, come quelle usate in questo lavoro, il volume poi risulta più agilmente ricavabile grazie appunto alla relazione lineare tra quest'ultimo ed il diametro.

fig. 26- relazione ϕ/h in tiglio

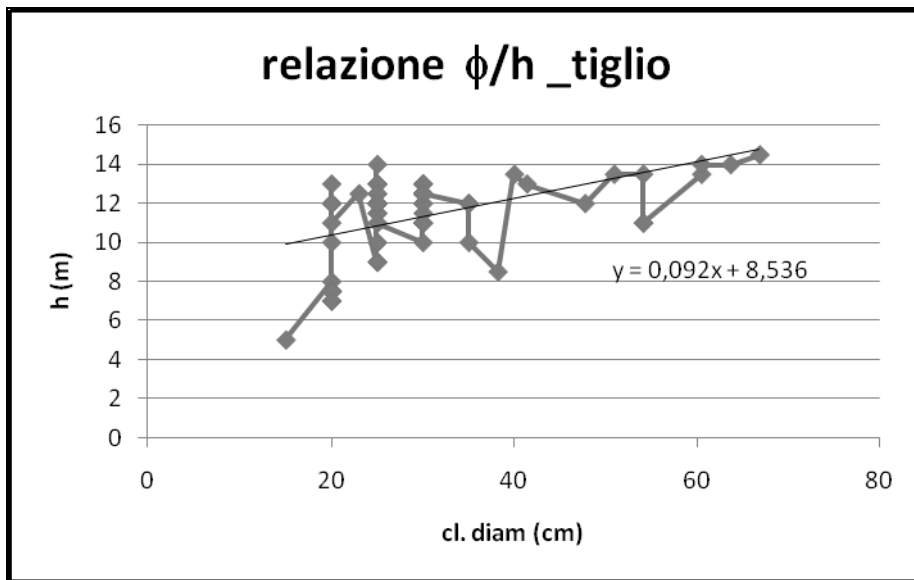
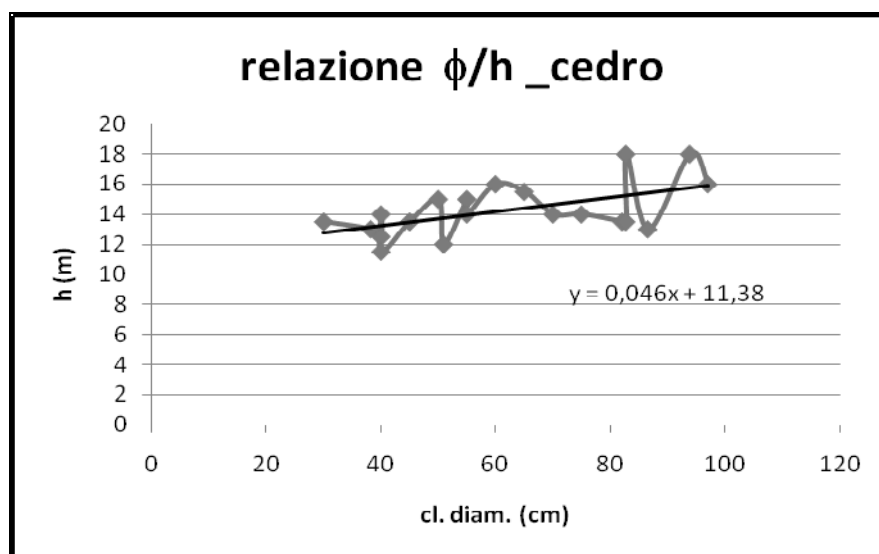


fig. 27- relazione ϕ/h in cedro



Per quanto concerne i dati di biomassa dall'applicazione delle equazioni e dei calcoli di cui al punto precedente, si sono ottenuti i seguenti risultati di popolamento.

tab.15- risultati censimento (Kg)

Hardwood dry weight biomass	65628,52735
Softwood dry weight biomass	48409,64588
Total biomass + roots	142547,7165
dry weight biomass	114038,1732
Carbon sequestered	57019,08662
CO₂	209112,7486
Stechiometria	
44,009	peso molec. CO ₂
3,667416667	peso CO ₂ / peso carbonio

Per cui si ottiene uno stock complessivo di circa 200,000 Kg di CO₂. Non si desidera in questa sede soffermarsi sulla questione degli incrementi per riuscir a determinare il ruolo di *carbon sink* del nostro popolamento in quanto rispetto al quantitativo stoccato o incrementabile in futuro, ai nostri fini è molto più interessante conoscere il quantitativo evitato come effetto indiretto sull'efficienza energetica degli edifici.

Dalla più precisa analisi effettuata con l'ausilio di STRATUM notiamo un notevole scostamento in termini di sovrastima, dai valori trovati mediante le equazioni generiche che sono in ogni caso un ottimo strumento almeno per entrare nell'ordine di grandezza delle quantità in esame.

Tenendo presenti i dati relativi all'Italia per quanto riguarda i costi dell'energia ed i dati relativi al mercato della CO₂ riportati al capitolo precedente, si restituiscono di seguito i vari *reports* derivati

dall’analisi di STRATUM che saranno discussi ed affrontati in un ottica gestionale al punto seguente.

tab.16- CO₂ accumulata come stock

Sample City

Stored CO2 Benefits of Public Trees by Species

6/12/2008

Species	Total Stored CO2 (kg)	Total (\$)	Standard Error	% of Total Trees	% of Total \$	Avg. \$/tree
Tilia cordata	36,302	1,200	(N/A)	39.7	32.6	13.80
Cedrus deodara	42,684	1,412	(N/A)	9.1	38.3	70.58
Prunus laurocerasus	6,847	226	(N/A)	7.8	6.2	13.32
Magnolia grandiflora	3,796	126	(N/A)	4.6	3.4	12.55
Quercus ilex	3,104	103	(N/A)	4.1	2.8	11.40
Acer campestre	815	27	(N/A)	3.7	0.7	3.37
Acer platanoides	402	13	(N/A)	3.2	0.4	1.90
Laurus nobilis	2,027	67	(N/A)	3.2	1.8	9.58
Thuja orientalis	574	19	(N/A)	3.2	0.5	2.71
Carpinus betulus	14	0	(N/A)	2.7	0.0	0.08
Taxus baccata	394	13	(N/A)	2.7	0.4	2.17
Fraxinus excelsior	2,451	81	(N/A)	2.3	2.2	16.21
Picea abies	1,737	57	(N/A)	2.3	1.6	11.49
Celtis occidentalis	5,763	191	(N/A)	1.8	5.2	47.64
Chamaerops humilis	604	20	(N/A)	1.8	0.5	5.00
Catalpa bignonioides	405	13	(N/A)	1.4	0.4	4.47
Cryptomeria japonica	371	12	(N/A)	1.4	0.3	4.09
Other street trees	1,415	103	(N/A)	5.0	2.8	9.38
Citywide total	111,411	3,684	(N/A)	100.0	100.0	16.82

tab.17- benefici energetici annui

Sample City

Annual Energy Benefits of Public Trees by Species

6/12/2008

Species	Total Electricity (GJ)	Electricity (\$)	Total Natural Gas (GJ)	Natural Gas (\$)	Total (\$)	Standard Error	% of Total Trees	% of Total \$
Tilia cordata	33.3	4,536	-0.4	-2	4,533	(N/A)	39.7	44.8
Cedrus deodara	13.9	1,889	2.7	16	1,905	(N/A)	9.1	18.8
Prunus laurocerasus	5.0	687	-0.9	-5	681	(N/A)	7.8	6.7
Magnolia grandiflora	2.6	356	0.5	3	359	(N/A)	4.6	3.5
Quercus ilex	1.8	243	-0.5	-3	241	(N/A)	4.1	2.4
Acer campestre	1.3	172	0.3	2	174	(N/A)	3.7	1.7
Acer platanoides	1.0	136	-0.2	-1	135	(N/A)	3.2	1.3
Laurus nobilis	1.9	255	-0.4	-2	252	(N/A)	3.2	2.5
Thuja orientalis	0.7	89	-0.3	-2	87	(N/A)	3.2	0.9
Carpinus betulus	0.1	9	0.0	0	9	(N/A)	2.7	0.1
Taxus baccata	0.4	58	0.1	1	59	(N/A)	2.7	0.6
Fraxinus excelsior	2.0	275	0.4	3	278	(N/A)	2.3	2.7
Picea abies	1.5	207	-0.2	-1	206	(N/A)	2.3	2.0
Celtis occidentalis	2.7	361	0.2	1	362	(N/A)	1.8	3.6
Chamaerops humilis	1.5	198	0.0	0	199	(N/A)	1.8	2.0
Catalpa bignonioides	0.6	84	0.2	1	85	(N/A)	1.4	0.8
Cryptomeria japonica	0.7	90	-0.3	-2	88	(N/A)	1.4	0.9
Other street trees	3.5	474	-0.2	-1	473	(N/A)	5.0	4.7
Citywide total	74.3	10,118	1.3	8	10,126	(N/A)	100.0	100.0

tab.18- benefici annui in termini di CO₂

Sample City

Annual CO₂ Benefits of Public Trees by Species

6/12/2008

Species	Sequestered (kg)	Sequestered (\$)	Decomposition Release(kg)	Maintenance Release(kg)	Total Released (\$)	Avoided (kg)	Avoided (\$)	Net Total (kg)	Total Standard (\$)	% of Total Trees	% of Total \$	Avg. \$/tree
Tilia cordata	4,247	140	-415	-8	-14	3,945	130	7,769	257 (N/A)	39.7	43.6	2.95
Cedrus deodara	2,455	81	-488	-2	-16	1,643	54	3,608	119 (N/A)	9.1	20.2	5.97
Prunus laurocerasus	873	29	-78	-2	-3	597	20	1,391	46 (N/A)	7.8	7.8	2.71
Magnolia grandiflora	173	6	-43	-1	-1	309	10	438	14 (N/A)	4.6	2.5	1.45
Quercus ilex	642	21	-36	-1	-1	212	7	818	27 (N/A)	4.1	4.6	3.01
Acer campestre	104	3	-9	-1	0	149	5	244	8 (N/A)	3.7	1.4	1.01
Acer platanoides	110	4	-5	-1	0	118	4	223	7 (N/A)	3.2	1.3	1.05
Laurus nobilis	339	11	-23	-1	-1	221	7	536	18 (N/A)	3.2	3.0	2.53
Thuja orientalis	202	7	-7	-1	0	77	3	272	9 (N/A)	3.2	1.5	1.29
Carpinus betulus	21	1	0	-1	0	7	0	27	1 (N/A)	2.7	0.2	0.15
Taxus baccata	61	2	-5	-1	0	51	2	107	4 (N/A)	2.7	0.6	0.59
Fraxinus excelsior	252	8	-28	0	-1	239	8	463	15 (N/A)	2.3	2.6	3.06
Picea abies	203	7	-20	0	-1	180	6	363	12 (N/A)	2.3	2.0	2.40
Celtis occidentalis	150	5	-66	0	-2	314	10	398	13 (N/A)	1.8	2.2	3.29
Chamaerops humilis	27	1	-7	0	0	173	6	192	6 (N/A)	1.8	1.1	1.59
Catalpa bignonioides	49	2	-5	0	0	73	2	117	4 (N/A)	1.4	0.7	1.29
Cryptomeria japonica	76	3	-4	0	0	78	3	150	5 (N/A)	1.4	0.8	1.65
Other street trees	332	11	-36	-1	-1	412	14	707	23 (N/A)	5.0	4.0	2.13
Citywide total	10,317	341	-1,275	-19	-43	8,801	291	17,824	589 (N/A)	100.0	100.0	2.69

tab.19- benefici annui per specie

Sample City

Annual Benefits of Public Trees by Species (\$/tree)

6/12/2008

Species	Energy	CO ₂	Air Quality	Stormwater	Aesthetic/Other	Total (\$)	Standard Error
Tilia cordata	52.10	2.95	5.29	3.85	0.79	64.98 (N/A)	
Cedrus deodara	95.27	5.97	9.96	16.51	0.56	128.26 (N/A)	
Prunus laurocerasus	40.08	2.71	4.34	4.54	0.39	52.06 (N/A)	
Magnolia grandiflora	35.88	1.45	2.10	4.78	0.15	44.36 (N/A)	
Quercus ilex	26.73	3.01	0.83	3.29	0.36	34.23 (N/A)	
Acer campestre	21.69	1.01	2.14	1.72	0.41	26.97 (N/A)	
Acer platanoides	19.27	1.05	1.54	1.09	0.48	23.43 (N/A)	
Laurus nobilis	36.05	2.53	3.86	3.77	0.36	46.58 (N/A)	
Thuja orientalis	12.49	1.29	1.15	1.89	0.59	17.40 (N/A)	
Carpinus betulus	1.44	0.15	0.18	0.20	0.53	2.50 (N/A)	
Taxus baccata	9.83	0.59	0.58	1.74	0.26	13.00 (N/A)	
Fraxinus excelsior	55.58	3.06	5.31	3.82	0.69	68.45 (N/A)	
Picea abies	41.16	2.40	3.60	7.02	0.59	54.77 (N/A)	
Celtis occidentalis	90.54	3.29	10.10	7.56	0.70	112.18 (N/A)	
Chamaerops humilis	49.67	1.59	3.59	7.54	0.24	62.61 (N/A)	
Catalpa bignonioides	28.44	1.29	2.80	2.23	0.37	35.13 (N/A)	
Cryptomeria japonica	29.43	1.65	2.45	5.04	0.59	39.17 (N/A)	
Other street trees	42.99	2.13	2.94	3.30	0.64	52.01 (N/A)	

tab.20- benefici totali

Benefits	Total (\$) Standard Error	\$/tree Standard Error	\$/capita Standard Error
Energy	10,126 (N/A)	46.24 (N/A)	0.00 (N/A)
CO2	589 (N/A)	2.69 (N/A)	0.00 (N/A)
Air Quality	977 (N/A)	4.46 (N/A)	0.00 (N/A)
Stormwater	1,065 (N/A)	4.86 (N/A)	0.00 (N/A)
Aesthetic/Other	129 (N/A)	0.59 (N/A)	0.00 (N/A)
Total Benefits	12,886 (±0)	58.84 (±0)	0.00 (±0)
Costs			
Planting	0	0.00	0.00
Contract Pruning	0	0.00	0.00
Pest Management	0	0.00	0.00
Irrigation	0	0.00	0.00
Removal	0	0.00	0.00
Administration	0	0.00	0.00
Inspection/Service	0	0.00	0.00
Infrastructure Repai	0	0.00	0.00
Litter Clean-up	0	0.00	0.00
Liability/Claims	0	0.00	0.00
Other Costs	0	0.00	0.00
Total Costs	0	0.00	0.00
Net Benefits	12,886 (±0)	58.84 (±0)	0.00 (±0)
Benefit-cost ratio	0.00 (±0)		

5.4 Discussione e considerazioni gestionali

Per quanto riguarda l’attendibilità dei dati relativi a biomassa e CO₂ si ricorda che le equazioni usate dal programma sono perlopiù specie-specifiche e ricavate in ambito urbano per cui il dato totale ottenuto di circa 111.000 Kg di CO₂ è molto attendibile e di sicuro più preciso del dato derivante dall’analisi generica. Si desidera far notare che i cedri, pur essendo in numero inferiore, presentano una notevole biomassa per pianta e complessivamente addirittura maggiore al totale di quella dei tigli. Questo fatto conferisce un notevole valore aggiunto alle piante ornamentali di grande taglia, portatrici di considerevoli benefici totali. Non si desidera commentare il dato relativo alla quantificazione monetaria della CO₂ stoccata in quanto è praticamente impossibile entrare nel mercato degli ETS da parte delle alberature urbane, almeno per questa via di ingresso, già di per sé è difficile per gli impianti forestali su larga scala. Ancora una volta si sottolinea che i benefici maggiori sono in termini di evitazione e risparmio energetico.

La numerosità e la diffusione del tiglio diviene invece preponderante nell'analisi dei benefici energetici delle varie specie. Considerando gli effetti climatici positivi grazie perlopiù all'ombreggiamento, all'effetto frangivento ed all'evapotraspirazione si è ottenuto un risparmio sull'elettricità, quindi maggiormente dovuto al fattore condizionamento, di circa 10.000 \$ (di cui, circa la metà, 44.8%, grazie ai tigli), che costituiscono un buon valore considerando la non vastità della superficie in esame. Gli effetti sul consumo di gas in vece in molti casi risultano lievemente negativi dovuti molto probabilmente alla non ottimale collocazione delle piante. I dati in dollari sono tali in quanto output del programma ma i valori in ingresso per i costi dell'energia e del carbonio sono quelli attuali in Italia, trasformati in dollari. Questo punto è il cuore dei benefici derivanti dallo *Urban Tree Planting*: i 10.000 \$ evitati corrispondenti ad un risparmio energetico di circa 70 GJ. A livello locale possono sembrare cifre non così significative ma a livello nazionale l'ordine di grandezza dei risparmi mette in discussione miliardi di euro; dimostrazione di questo è il fatto che negli USA ed anche in altri paesi sono perlopiù i grossi fornitori di energia che finanziano studi di questo tipo.

La *tab. 18* poi illustra ancora una volta i benefici in termini di CO₂ ma con riferimento annuo quindi considerando gli incrementi delle varie specie ed il quantitativo annuo di emissioni di CO₂ evitate. Ancora una volta il tiglio, il cedro e poche altre specie giocano un ruolo fondamentale. Come già ricordato in precedenza, non si vogliono fare considerazioni relative agli incrementi di biomassa quanto sottolineare piuttosto il potenziale valore monetario del quantitativo di emissioni evitate. Il valore medio del nostro studio è 2,69 \$ annui a pianta di valore di CO₂ evitata, con un massimo per i cedri con quasi 6 \$ annui a pianta. Tale valore, ricordiamo, corrisponderebbe alla quantità monetizzata della funzione di evitazione di emissioni, questo virtualmente però, cioè solo se lo

Urban Tree Planting potesse entrare nel mercato dei crediti del carbonio, tutto in riferimento al costo attuale della CO₂. Questi benefici, energetici e di evitazione, assieme ad altri benefici calcolati dal software ed abbastanza verosimili, su cui però non ci soffermiamo, quali possono essere il miglioramento della qualità dell'aria intercettando gli inquinanti, la riduzione del deflusso veloce e l'intercettazione delle acque meteoriche, ed altri valori come quello estetico paesaggistico, sommati tra loro, costituiscono la potenziale via d'ingresso per un eventuale entrata della selvicoltura urbana nel mercato dei crediti del carbonio. Forse un tale auspicio può restare fittizio ma scopo di questo lavoro è anche sensibilizzare il gestore pubblico verso tematiche di questo tipo e, capendone i molti benefici derivanti, riuscire a fare uno sforzo finanziario per poterli sostenere proprio là dove il mercato presenta delle fallanze e non riesce ad internalizzare la molte funzioni svolte dal verde urbano in particolare. Totalizzando i benefici , sempre a scala temporale annua, (tralasciando il valore estetico ed ornamentale per il quale in Italia vi sono già metodologie consolidate e differenziate dai metodi integrati nel software) si ottengono i seguenti valori:

- una media di circa 60 \$ a pianta, con massimi attorno ai 130 \$/pianta per i cedri e comunque valori elevati per piante di grossa taglia (e.g. genere *Cedrus* e *Celtis*);
- un beneficio totale di popolamento di più di quasi 13.000 \$.

In queste cifre il ruolo principale è svolto senza dubbio dalla funzione di mitigazione climatica che porta ai risparmi più grossi in termini di energia, perlopiù elettrica, non consumata (circa 10.000 \$). Ed è per questo motivo che oltre al gestore pubblico si vorrebbe sensibilizzare l'attenzione dei fornitori di energia verso questo tipo di possibili incentivi, anche se, lo si riconosce, non sarebbe un processo standardizzabile e difficilmente controllabile ai fini di eventuali incentivi.

Finora mancano però considerazioni relative ai costi. La mancanza di dati relativi ai costi o la difficoltà nel reperirli proprio riguardo ai costi, ci portano a dover fare delle valutazioni medie e generali, che però rientrano nella considerazione degli ordini di grandezza che si vogliono esaminare. Per cui in riferimento a dei costi medi in letteratura italiana di 0.07 €/mq (fonte: Comune di Firenze) per la manutenzione di alberature e di aggiuntivi 550 € di annualità per le spese d’impianto (104 €/pianta), considerando un periodo di 40 anni per il calcolo dei benefici, si totalizzano i costi totali pari a circa 4.600 €. Per cui, trasformando in euro i 13.000 \$ con il tasso di cambio attuale \$→€ pari a 0.65 si ottengono dei benefici totali di 8.450 €, quindi un beneficio netto di circa 3.900 €, tradotto in un beneficio monetizzato ad ettaro pari a circa 700 €, e circa 17 € in media a pianta. Pertanto il rapporto benefici/costi, calcolato monetizzando quasi tutti i benefici conosciuti si aggira attorno ad un coefficiente pari a 2,5.

Tali cifre indicano l’ordine di grandezza del potenziale valore svolto dal verde urbano e possono essere un primo input per gli enti finanziatori, siano essi pubblici o aziende, verso una gestione virtuosa dello spazio cittadino. Il fermento nel mondo della ricerca, nella produzione di strumenti atti a quantificare tutti questi benefici e nel contempo l’aumento di richiesta sempre più forte da parte della cittadinanza di verde pubblico ben gestito sono due dei fattori più importanti che dovrebbero incoraggiare tale via.

Non è questa la sede per discutere di indagini di mercato ma facilmente si trovano in letteratura inchieste su questi argomenti che rivelano anche una buona disponibilità a pagare per la miglioria, il mantenimento o la creazione di un verde pubblico di qualità, fattore questo, che dovrebbe ancor più indirizzare le politiche del settore.

5.5 Conclusioni

La presenza di piante in ambiente urbano è senz'altro da favorire considerando la prevalenza dei vantaggi rispetto agli svantaggi da esse apportati all'ecosistema ed alla società; vantaggi che possono essere ulteriormente aumentati da una progettazione di impianti che segua criteri di qualità (risparmi energetici, assorbimento di inquinanti, aspetto estetico,...) garantendo al tempo stesso le condizioni adatte alla crescita sana delle piante. Studi sulla *cost-effectiveness* svolti da enti pubblici americani suggeriscono che proprio gli *shade tree programs* sono strumenti utili in certi mercati, ai fini di ridurre la domanda energetica e quindi di conservare energia e di evitare emissioni. Da studi svolti in letteratura un singolo albero deciduo, maturo di circa 10 metri di altezza collocato in posizione strategica può portare benefici, in termini di risparmio energetico dell'ordine del 15% abbassando i picchi di calore anche di 4 °C, considerando effetti diretti ed indiretti sull'ambiente (*McPherson and Rowntree, 1993*); se, al contrario le piante sono collocate in maniera non ottimale, vi possono essere aumenti di costi annui dovuti specialmente alla richiesta di riscaldamento (*DeWalle et al., 1983*). Tra l'altro in diversi studi (*McPherson and Rowntree, 1993*) si è trovato che circa il 40% degli edifici ad uso abitativo presentano ancora spazio per un possibile impianto di alberi ad ombreggiare il lato ovest degli edifici.

Per quanto riguarda la CO₂ poi, si considera un rapporto di 4:1 tra CO₂ evitata ed accumulata (*Nowak and McPherson, 1993*), diventando quindi preponderante il ruolo di evitazione energetica delle piante piuttosto che la loro capacità di sequestro annuo di biossido di carbonio. Per quanto riguarda il nostro caso di studio si è andati al di là della potenziale quantificazione dei benefici in termini di CO₂ considerando lo spettro più ampio di benefici per il cittadino direttamente e per la comunità indirettamente, procurati dal verde arboreo. A conclusione dell'analisi svolta con l'ausilio del software

STRATUM si è trovato un beneficio netto medio per pianta pari a circa 17 €. Tale valore presenta però una grandissima varianza nella popolazione da diventare quasi insignificante se non con le dovute considerazioni. Piante rispetto alle quali si auspica un aumento di utilizzo sono infatti piante di media e grossa taglia, collocate ovviamente in maniera strategica; proprio da tali piante infatti sono derivati i benefici maggiori in termini quantitativi, piante ornamentali non adattate all'ambiente padovano hanno dato risultati quasi nulli e non sostenibili nell'ottica costi/benefici.

Non tutti i benefici sono stati considerati nell'analisi ma soltanto quelli più inerenti alla tematica degli inquinanti e del consumo energetico. Vi sarebbero altri valori da considerare, in particolare un valore che aumenterebbe il rapporto benefici/costi è il dato di aumento del valore degli edifici in zone dotate di verde rispetto a zone che ne sono prive. Altra componente non monetizzabile se non con indagini citate al precedente punto è la componente di beneficio sociale e psicologico per la collettività. La situazione americana è infine degna di nota per un'ulteriore ragione; infatti questi *shade tree programs* spesso trovano un entusiasmo tale nella cittadinanza da far costituire gruppi spontanei di *voluntary planters* che addirittura contribuiscono ad es. con 10 € a pianta per il progetto ed inoltre effettuano buona parte del lavoro d'impianto. Un tale fenomeno va poi a generare benefici di diverso tipo, sia a livello sociale sia a livello economico in quanto le piante messe a dimora sono seguite nelle loro fasi anche dalla popolazione residente, “sentendole come proprie” e quindi abbassando indirettamente il tasso di mortalità degli impianti, curandoli di più ed in costante contatto con i servizi pubblici per il verde. Tale situazione ovviamente sarebbe difficile in Italia in sostanza per la storia del nostro paese, l'alto tasso di urbanizzazione e la rara presenza di centri edificati monoresidenziali simili a quelli presenti negli USA.

Tornando all’analisi di questo elaborato, dal commento degli *outputs* del software si è dedotto che la voce più importante è costituita dal risparmio sulla domanda energetica; tale fattore in Italia più che altrove viene ad essere decisivo. A causa infatti dell’alto costo dell’energia in Italia (vd punto precedente) gli effetti del verde urbano vengono ed essere considerevoli in quanto, a parità di risparmio energetico, quello monetario nel contesto italiano viene amplificato ed è proprio l’alto costo dell’energia che rende positivo in maniera molto apprezzabile il rapporto tra benefici e costi nell’analisi economica di progetti di questo tipo.

Il mercato poi è sempre fonte di nuove strategie per poter sopravvivere alla sue logiche e non sempre sulla scena, gli attori virtuosi sono premiati. Il recente meccanismo di certificazione energetica (*fig. 28*) degli edifici potrebbe proprio andar a premiare i più virtuosi.

fig. 28- esempio di certificazione energetica per edifici

ATTESTATO DI 28 settembre 2006
CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Tipo di edificio	E.1 (T) abitazioni edile a residenza con centrale continua, quali abitazioni in E e rurali, collegi, conventi, case di cura, ospedali		
Ubicazione	LEVICO TERME		
Volume netto	452,00	Logo Comune	
Superficie netta	428,84		
Anno di costruzione	2006		
Proprietario/Costruttore	Sig. Rossi Bianchi		
Tecnico Certificatore	Ing. Thomas Pietro		

Classe di consumo	(PE _{cl})	(PE _{cl})
<i>Livello energeticamente molto efficiente</i>		
A	< 30 kWh/(m ² a)	
B	< 50 kWh/(m ² a)	48
C	< 70 kWh/(m ² a)	
D	< 90 kWh/(m ² a)	
E	< 120 kWh/(m ² a)	98
F	< 150 kWh/(m ² a)	
G	> 150 kWh/(m ² a)	
<i>Livello energeticamente poco efficiente</i>		

Indicatori di prestazione energetica	
Potenziale energetico specifico dell'isolamento PE _{cl}	48 kWh/m ² a
Potenziale energetico specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale PE _{cl,ip}	68 kWh/m ² a
Potenziale energetico specifico per produzione acqua calda PE _{cl,pc}	22 kWh/m ² a
Potenziale di energia primaria specifico per produzione acqua calda PE _{cl,pp}	42 kWh/m ² a
Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili PE _{cl,r}	0 kWh/m ² a
Potenziale energetico globale di energia primaria PE _{cl,g} = (PE _{cl,ip} + PE _{cl,pc}) - PE _{cl,r}	98 kWh/m ² a

Excellent Energy by ACCOSS

Metodo di calcolo utilizzato: UNI EN 12790 D.Lgs. 1/2/05

In sostanza un edificio viene classificato in base al suo consumo energetico (KWh/mq*a) e logicamente il valore di un edificio è tanto più alto quanto più esso è energeticamente efficiente. Non è ancora una certificazione obbligatoria nella compravendita degli edifici ma molti notai ormai la richiedono ed oltretutto va ad essere una nuova competenza per i tecnici ambientali abilitati. Tale certificazione potrebbe tenere in considerazione proprio anche la progettazione ottimale del verde per il controllo microclimatico dando un valore aggiunto alla gestione ideale del patrimonio arboreo legato a tutti i benefici che porta con sé. Questo meccanismo di certificazione assieme a tutti i benefici e risparmi energetici misurati viene ad essere materia di lavoro per figure come quelle degli *Energy manager* sia di aziende pubbliche che private. Proprio una tale figura professionale specialmente negli enti pubblici, dovrebbe farsi promotrice di impianti strategici attorno agli edifici ed iniziatrice di percorsi che portino il gestore pubblico o società fornitrici di energia a riconoscere e ad incentivare anche economicamente una gestione ottimale del verde urbano. Solo così facendo si potranno internalizzare le varie esternalità caratteristiche finora della selvicoltura urbana. I benefici sono tangibili e gli strumenti per misurarli sono prodotti senza soluzione di continuità dalla ricerca per cui ora, se il mercato delle emissioni è ancora una via proibitiva forse spetta proprio al gestore pubblico o al fornitore privato almeno in parte riconoscere ed incentivare questa razionalità del verde urbano. Vi sono effetti diretti sugli edifici come dimostrato sinora, poi vi sono effetti cumulativi sull'intero clima urbano e sulla comunità. Oltretutto questi programmi possono promuovere la rivitalizzazione delle città, creando nuove competenze e posti di lavoro, ambienti più salubri e relazioni positive all'interno della comunità.

Per cui, concludendo, il grande auspicio è proprio quello che le varie dimostrazioni della reale *cost-effectiveness* prodotte in letteratura ed in parte con il presente lavoro non diventino strumenti

sterili ma siano valido appoggio per il legislatore e per i vari gestori, siano essi pubblici o privati, sulla via del pieno riconoscimento delle diverse funzioni del verde in special modo in ambito urbano.

Ringraziamenti

I ringraziamenti più sentiti vanno al relatore di questo lavoro, il prof. Semenzato ed al correlatore, il prof. Pettenella che pazienti mi hanno sostenuto, seguito ed orientato nella stesura della tesi.

Un ringraziamento particolare poi a tutti gli amici e conoscenti che mi hanno sostenuto, in particolare ai colleghi studenti forestali, cioè a quella parte del mondo che non è costituita dagli “altri”, e che mi hanno sempre fatto sentire in una grande famiglia sapendo veramente coltivare anche i rapporti umani oltre a quelli di studio.

Il ringraziamento finale a suggellare questo lavoro, non può non andare alla mia famiglia che, amorevole e paziente, ha preparato il terreno adatto ad accogliere le mie radici e mi ha indicato il cielo verso cui protendere i miei rami, sempre sostenendo la mia crescita.

E i frutti arriveranno ...

Bibliografia

- Akbari, H.; Rosenfeld, A.H.; Taha, H. 1990, **Summer heat islands, urban trees, and white surfaces**. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Transactions 96(1): 1381-1388.
- Anderson, A. 1995, **Utilities grow energy savings**. Home Energy 12(2): 14-15.
- Bernhardt, E.A.; Swiecki, T.J. 1991, **Guidelines for developing and evaluating tree ordinances**. Sacramento: California Department of Forestry and Fire Protection; 76 p.
- Bray 1963. Bray, J. R., **Root production and the estimation of net productivity**. Canadian journal of botany, 41. (1963): 65-71.
- Comune di Firenze, assessore all'ambiente Consiglio di Quartiere 4, presentazione : **La multifunzionalità degli spazi verdi urbani e periurbani**, Firenze 1 Giugno 2007.
- Dawson, J.; Khawaja, M. 1985, **Change in street-tree composition of two Urbana, Illinois neighborhoods after fifty years. 1932-1982**. Journal of Arboriculture 11(11): 344-348.
- DeWalle, D.R., Heisler, G.M., and Jacobs, R.E. **Forest home sites influence heating and cooling energy**. Journal of Forestry, 81(2) (1983): 84-88.
- Dwyer et al., 1992 J.F. Dwyer, E.G. McPherson, H.W. Schroeder and R.A. Rowntree, **Assessing the benefits and costs of the urban forest**. Journal of Arboriculture 18 (1992) (5), pp. 227-234.
- Ellerman et al., 1998 Ellerman, D.A., Jacoby, H.D., Decaux, A.D., 1998, **The effects on developing countries of the Kyoto Protocol and carbon dioxide emissions trading**. World Bank Policy Research Working Paper 2019, Washington, DC.
- Foster, R.; Blain, J. 1978, **Urban tree survival; trees in the sidewalk**. Journal of Arboriculture 4: 14-17.

-
- Frelich, L.E. 1992, **Predicting dimensional relationships for Twin Cities shade trees**. St. Paul, MN: University of Minnesota, Department of Forest Resources; 33 p.
 - Friends of Trees. 1995, **Tree planting and five year planting and education plan**. Portland, OR: Portland General Electric.
 - Gilman, E.F.; Black, R.J.; Dehgan, B. 1998, **Irrigation volume and frequency and tree size affect establishment rate**. Journal of Arboriculture 24(1): 1-9.
 - Hamburg, S.P.; Harris, N.; Jaeger, J.; Karl, T.R.; McFarland, M.; Mitchell, J.F.B.; Oppenheimer, M.; Santer, B.D.; Schneider, S.; Trenberth, K.E.; Wigley, T.M.L. 1997, **Common questions about climate change**. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization; 24 p.
 - Harmon, E.H.; Ferrell, W.K.; Franklin, J.F. 1990, **Effects on carbon storage of conversion of old growth forests to young forests**. Science 297: 699-702.
 - Harris, R.W. 1992, **Arboriculture**. 2nd. ed. Englewood Cliffs, NJ: Regents/Prentice Hall; 674 p.
 - Heisler, G.M. 1984, **Planting design for wind control**. In: - Hendrick, R.L.; Pregitzer, K.S. 1993, **The dynamics of fine root length, and nitrogen content, in two northern hardwood ecosystems**. Canadian Journal of Forest Research 23: 2507-2520.
 - Heisler, G.M. 1986, **Energy savings with trees**. Journal of Arboriculture 12(5): 113-125.
 - Heisler, G.M. 1990, **Mean wind speed below building height in residential neighborhoods with different tree densities**. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Transactions 96(1): 1389-1395.
 - Hildebrandt, E.W.; Kallett, R.; Sarkovich, M.; Sequest, R. 1996, **Maximizing the energy benefits of urban forestation**. In:
-

Proceedings of the ACEEE 1996 summer study on energy efficiency in buildings, volume 9; Washington DC: American Council for an Energy Efficient Economy; 121-131.

- ICLEI. 1997. U.S. communities acting to protect the climate. **A report on the achievements of ICLEI’s cities for climate**. -U.S. Berkeley, CA: International Council for Local Environmental Initiatives; 35 p.

- ISA. 1992, **Avoiding tree and utility conflicts**. Savoy,IL: International Society of Arboriculture; 4 p.

- Jenkins J.C., Chojinacky D.C., Heath L.S., Birdsey R.A., 2003, **Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for north American tree species**. USDA Forest Service, Northeastern Research Station.

- Jo, H.K.; McPherson, E.G. 1995, **Carbon storage and flux in urban residential greenspace**. *Journal of Environmental Management* 45: 109-133.

- Jo H.K. and. McPherson E.G, 2001, **Indirect carbon reduction by residential vegetation and planting strategies in Chicago, USA**. *Journal of Environmental Management* 61 (2001), pp. 165–177.

McPherson, E.G., ed. *Energy conserving site design*.

Washington, DC: American Society of Landscape Architects; 326.

- Larcher, W. 1980, **Physiological plant ecology**. New York: Springer-Verlag; 252 p.

- Larson, Tom, President, **Integrated Urban Forestry**. Laguna Hills, CA. [Telephone conversation with Greg McPherson].

29 April 1997.

- Maggs, D. H., **The effect of number of shoots on the quantity and distribution of increment in young apple-trees**. *Annals of Botany* 24 (1960): 345-355.

- McHale M.R. , McPherson E.G. and Burke I.C., 2007, **The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon**

credit markets. Urban Forestry & Urban Greening, Volume 6, Issue 1, 20 February 2007, Pages 49-60.

- McPherson, E.G. 1993, **Evaluating the cost effectiveness of shade trees for demand-side management.** The Electricity Journal 6(9): 57-65.

- McPherson, E.G.; Rowntree, R.A. 1993, **Energy conservation potential of urban tree planting.** Journal of Arboriculture 19: 321-331.

- McPherson, E.G. 1994, **Using urban forests for energy efficiency and carbon storage.** Journal of Forestry 92(10): 36-41.

- McPherson, E.G. 1995, **Net benefits of healthy and productive urban forests.** In: Bradley, G., ed. Urban forest landscapes: integrating multi disciplinary perspectives. Seattle: University of Washington Press; 180-194.

- McPherson, E.G.; Simpson, J.R. 1995, **Shade trees as a demand-side resource.** Home Energy 12(2): 11- 17.

- McPherson et al., 1997 E.G. McPherson, D. Nowak, G. Heisler, S. Grimmond, C. Souch, R. Grant and R.A. Rowntree, **Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest climate project.** Urban Ecosystems 1 (1997), pp. 49–61.

-McPherson, E.G. 1998a, **Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento’s urban forest.** Journal of Arboriculture 24(4): 215-223.

- McPherson et al., 1999 E.G. McPherson, J.R. Simpson, P.J. Peper and Q. Xiao, **Benefits and costs of Modesto's municipal urban forest.** Journal of Arboriculture 25 (1999) (5), pp. 235–248.

- McPherson and Simpson, 2000 McPherson, E.G., Simpson, J.R., 2000, **Carbon dioxide reductions through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters.** PSW GTR-171, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Center for Urban Forest Research, Albany, CA.

- McPherson et al., 2003 McPherson, E.G., Simpson, J.R., Xiao, Q., Peper, P.J., Maco, S.E., 2003, **Benefit-cost analysis of Fort Collins’**

Municipal Forest. Internal Report. CUFR-2, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Center for Urban Forest Research 2, Albany, CA, pp. 1–39.

- Meier, Alan K. 1990/91, **Strategic landscaping and air-conditioning savings: a literature review.** *Energy and Buildings* 15-16: 479-486.

- Miller, R.H.; Miller, R.W. 1991, **Planting survival of selected street tree taxa.** *Journal of Arboriculture* 17(7): 185-191.

- Miller, R.W. 1997, **Urban forestry: planning and managing urban greenspaces.** 2nd. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall; 502 p.

- Moulton, R.J.; Richards, K.R. 1990, **Costs of sequestering carbon through tree planting and forest management in the United States.** Gen. Tech. Rep. WO-GTR-58. Washington, DC: Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 47 p.

- Norse, E. 1990, **Ancient forests of the northwest.** Washington, DC: The Wilderness Society and Island Press.

- Nowak, D.J.; McBride, J.; Beatty, R.A. 1990, **Newly planted street tree growth and mortality.** *Journal of Arboriculture* 16(5): 124-129.

- Nowak, D.J. and McPherson, E.G., **Quantifying the impact of trees: The Chicago Urban Forest Climate Project.** *Unasylva* 44(173), 1993: 39-44.

- Nowak, 1993 D.J. Nowak, **Atmospheric carbon reduction by urban trees.** *Journal of Environmental Management* 37 (1993) (3), pp. 207–217.

- Nowak, D.J. 1994, **Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago’s urban forest.** chapter . In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. *Chicago’s urban forest ecosystem: results of the Chicago urban forest climate project.* Gen. Tech. Rep. NE-GTR-186. Radnor, PA: Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 83-94.

- Parker, J.H. 1983. **Landscaping to reduce the energy used in cooling buildings**. Journal of Forestry 81: 82-84.
 - Pekelney, D.M.; Chestnutt, T.W.; Hanemann, W.M. 1996. **Guidelines to conduct cost-effective analysis of best management practices for urban water conservation**. Sacramento: The Urban Water Conservation Council.
 - Petty and Ball, 2001 Petty, J., Ball, A., 2001, **Agricultural influences on carbon emissions and sequestration: a review of evidence and the emerging trading options**. Center for Environment and Society Occasional Paper 10001-03, University of Essex, Colchester.
 - Pillsbury, N.; Thompson, R. 1995, **Tree volume equations for fifteen urban species in California**. Interim Report. San Luis Obispo: California Polytechnic State University: Urban Forest Ecosystems Institute; 45 p.
 - Polanin, N. 1991, **Removal history and longevity of two street tree species in Jersey City, New Jersey**. Journal of Arboriculture 17(11): 303-305.
 - Powers, Robert, Research Forester, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. [**Telephone conversation with Greg McPherson**]. 15 July 1997.
 - **Protocollo di kyoto della convenzione quadro delle nazioni unite sui cambiamenti climatici**, Kyoto, 16 Marzo 1998.
 - Richards, N.A. 1979, **Modeling survival and consequent replacement needs in a street tree population**. Journal of Arboriculture 5: 251-255.
 - Rowntree and Nowak, 1991 R.A. Rowntree and D.J. Nowak, **Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide**. Journal of Arboriculture 17 (1991) (10), pp. 269–275.
 - Sampson, R.N.; Moll, G.A.; Kielbaso, J.J. 1992, **Opportunities to increase urban forests and the potential impacts on carbon**
-

- storage and conservation.** In: Sampson, R.N.; Hair, D., eds. *Forests and global change: opportunities for increasing forest cover*. 1. Washington, DC: American Forests; 51-72.
- Sand, M. 1991, **Planting for energy conservation in the north**, Minneapolis: Department of Natural Resources: State of Minnesota; 19 p.
 - Sand, M. 1993, **Energy conservation through community forestry**. St. Paul: University of Minnesota; 40 p.
 - Sand, M. 1994, **Design and species selection to reduce urban heat island and conserve energy**. In: *Proceedings from the sixth national urban forest conference: growing greener communities*. Minneapolis, Minnesota: Sept. 14-18, 1993.
 - Scott, K.I.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R. 1998, **Air pollutant uptake by Sacramento’s urban forest**. *Journal of Arboriculture* 24(4): 224-234.
 - Simpson, J.R.; McPherson, E.G. 1996, **Potential of tree shade for reducing residential energy use in California**. *Journal of Arboriculture* 22(1): 10-18.
 - Sommer, R.; Leary, F.; Summit, J.; Tirrell, M. 1994, **Social benefits of resident involvement in tree planting**. *Journal of Arboriculture* 20(6): 323-328.
 - Stokey, E.; Zeckhauser, R. 1978, **A primer for policy analysis**. New York: Norton.
 - Trexler, M.C., 1991, **Minding the carbon store: weighing US forestry strategies to slow global warming**. World Resources Institute, New York, NY.
 - USDA et al., 2007, **I tree software user’s manual**.
 - Watson, Gary. 1987, **The relationship of root growth and tree vigour following transplanting**. *Arboricultural Journal* 11: 97-104.
-

- Whittaker, 1962. Whittaker, R. H., **Net productions relations of shrubs in the Great Smoky Mountains**. Ecology 43 (1962) : pp. 357-377
- Xiao, Q. 1998, **Rainfall interception by urban forests**. Davis: University of California, Davis; 184 p. Ph.D. dissertation.
- Zerbe, R.O.; Dively, D.D. 1994, **Benefit-cost analysis in theory and practice**. New York: Harper Collins College Publishers.
- Zhang and Folmer, 1995 Z. Zhang and H. Folmer, **The choice of policy instruments for the control of carbon dioxide emissions**. Intereconomics 30 (1995) (3), pp. 133–142.

Siti consultati:

- maps.google.it
- www.enel.it
- www.fs.fed.us
- www.regione.veneto.it

Software commentati:

STRATUM ®

UFORE ®

