



**Dipartimento di Statistica**  
**"Giuseppe Parenti"**

Dipartimento di Statistica "G. Parenti" – Viale Morgagni 59 – 50134 Firenze - [www.ds.unifi.it](http://www.ds.unifi.it)

S E R I E D I D A T T I C A 2 0 0 6 / 1

LE PREVISIONI  
DELLA POPOLAZIONE.  
Teoria ed applicazioni

Silvana Salvini, Antonio Santini,  
Daniele Vignoli



Università degli Studi  
di Firenze

# **LE PREVISIONI DELLA POPOLAZIONE**

## **Teoria ed applicazioni**

A cura di Silvana Salvini, Antonio Santini e Daniele Vignoli

*Si ringraziano per l'attenta lettura e per i consigli Carlo Corsini, Letizia Mencarini e Alessandra Petrucci. Ovviamente la responsabilità del lavoro rimane esclusivamente degli autori.*



## INDICE

1 – INTRODUZIONE	5
2 – CONCETTI E PROBLEMI GENERALI	6
2.1 – Proiezioni e Previsioni	6
2.2 – Le variabili territorio e tempo	7
2.3 – I dati per le previsioni	8
3 – METODI DI PROIEZIONE	13
3.1 – Tecniche elementari	13
3.2 – Il metodo <i>cohort component</i> per la previsione della componente naturale	15
3.3 – La previsione delle migrazioni	21
3.3.1 – Il modello uniregionale	21
3.3.2 – Il pool-model	23
3.3.3 – Il modello multiregionale	26
3.4 – Cenni sulle previsioni probabilistiche	27
4 – IPOTESI SULLE COMPONENTI DEMOGRAFICHE	31
4.1 – Le ipotesi sulla mortalità	32
4.2 – Le ipotesi sulla fecondità	33
4.3 – Le ipotesi sulle migrazioni	34
5 – LE PREVISIONI DERIVATE	36
5.1 – I modelli statici	36
5.2 – I modelli dinamici	38
6 – LE PREVISIONI SUBNAZIONALI	39
7 – ATTENDIBILITÀ E ACCURATEZZA	40
8 – ESEMPI DI PREVISIONI E PROIEZIONI DEMOGRAFICHE	44
8.1 – Le proiezioni delle Nazioni Unite	44
8.1.1 – Introduzione	44
8.1.2 – Le tendenze recenti e le ipotesi evolutive delle componenti di proiezione: fecondità, mortalità, migrazione.	46
8.1.3 – Le tendenze della popolazione mondiale	50
8.2 – Le previsioni ISTAT	53
8.2.1 – Cenni storici	53
8.2.2 – Le previsioni regionali della popolazione residente 1.1.2001-1.1.2051	54
8.3 – Le previsioni per piccole aree. Un esempio guidato: due scenari di popolazione per il comune di Prato	59
8.3.1 – Scenari demografici su scala locale: tra esigenze informative e cautele	59
8.3.2 – Un esempio guidato: due scenari di popolazione per il Comune di Prato	61
BIBLIOGRAFIA	73



## 1 - INTRODUZIONE

Da qualche tempo ormai la situazione demografica nel nostro Paese e nelle nostre Regioni viene studiata con particolare interesse. I fenomeni di denatalità e invecchiamento e la prospettiva di un declino demografico sono al centro dell'attenzione di studiosi ed operatori politici ed economici. Accanto agli obiettivi più generali di studio della popolazione, è in questo panorama generale che negli ultimi anni stiamo assistendo ad una crescente richiesta (specialmente a livello locale) di *previsioni demografiche*.

In generale, l'obbiettivo delle *previsioni demografiche* è quello di presentare un possibile andamento futuro della popolazione sulla base di ipotesi di mortalità, fecondità e migratorietà, non solo per quanto riguarda l'ammontare globale, ma anche in relazione alla distribuzione per sesso, per età ed eventualmente per stato civile, nuclei familiari, ecc. Nella maggior parte dei casi si tratta di fornire il quadro necessario per la definizioni di politiche, di misure o di interventi di carattere sociale come quelli relativi al sistema pensionistico, a quello sanitario, scolastico, abitativo, ecc.

L'interesse per la disponibilità di informazioni di natura previsionale segna, in qualche modo, il passaggio da un uso "strumentale" delle conoscenze demografiche ad un utilizzo di tipo "strategico", volto ad identificare l'insorgere o l'evolversi delle principali problematiche di natura demografico-sociale, anche con riferimento alle istanze provenienti da nuovi orientamenti ideologici o culturali (Blangiardo 1994).

Gli ammontare finali della popolazione sono il risultato del movimento naturale (nati vivi e morti) e del movimento migratorio che si verificheranno nell'intervallo soggetto a previsione. I fenomeni di natalità e mortalità presentano, a differenza di quelli sociali ed economici, una certa stabilità ed inerzia, almeno nel breve e medio termine. Infatti, la popolazione tra 10 e 20 anni sarà ancora

rappresentata, in larga maggioranza, dalle stesse generazioni di quella attuale: il rinnovo relativamente lento la rende quindi maggiormente prevedibile. Tuttavia anche per fenomeni poco dinamici come quelli demografici, la scelta di errati valori per i parametri fondamentali potrebbe provocare, se mantenuta per un tempo prolungato, forti errori di previsione.

## **2 – CONCETTI E PROBLEMI GENERALI**

### **2.1 - Proiezioni e Previsioni**

La distinzione tra *proiezioni* e *previsioni* è alla base di quasi tutta la letteratura demografica che tratta questi argomenti.

Le *proiezioni* sono il risultato di calcoli formali e forniscono la rappresentazione di un assetto futuro di popolazione, indipendentemente dalla verosimiglianza dei presupposti.

Gli operatori sono interessati, in questo caso, a “valutare l’impatto di una specifica ipotesi” (Terra Abrami 1998) che può essere formulata anche senza aver analizzato i trend passati di mortalità e fecondità. Le proiezioni trovano un loro naturale impiego, ad esempio, in ambito didattico, per far capire quale sia, in termini quantitativi, l’impatto del cambiamento di uno o più parametri sulle caratteristiche della popolazione futura.

Se, invece, la conoscenza dell’evoluzione della popolazione serve all’utente per prendere delle *decisioni*, si rende necessaria la produzione di *previsioni*. In questo caso le ipotesi su eventuali variazioni di livello o di forma dei processi demografici, sono formulate sulla base di quanto si è osservato per il passato e di ragionevoli aspettative per il futuro e sono tese a produrre quadri probabili e plausibili.

Le previsioni della popolazione sempre più frequentemente giocano un ruolo centrale nella maggior parte delle attività di *pianificazione* di medio e lungo termine: pianificazione di misure di previdenza sociale,

pianificazione scolastica, pianificazione sanitaria, pianificazione edilizia, programmazione dei servizi, ecc.

Si usa spesso utilizzare anche l'espressione *scenari* per fare riferimento a possibili varianti rispetto ad un'ipotesi iniziale: hanno lo scopo di far capire di quanto cambierebbe il quadro futuro, se si modificassero le ipotesi sulla fecondità, sulla mortalità o sulla migratorietà.

Può capitare, inoltre, che sia necessaria la realizzazione di previsioni che permettano di suddividere la popolazione prevista secondo determinate categorie o gruppi: si parla in questo caso di *previsioni derivate*. Il fine è quello di disporre di previsioni relative alla popolazione attiva, alle famiglie (in termini di numerosità, ampiezza e tipologia), agli studenti che frequenteranno i diversi corsi scolastici, alla popolazione che avrà bisogno di assistenza medica per classi di età, e così via.

## **2.2 - Le variabili territorio e tempo**

La popolazione per la quale servono previsioni per il futuro può essere più o meno estesa: questo non è indifferente ai fini della disponibilità di informazioni e quindi delle tecniche da usare.

Stiamo assistendo, negli ultimi anni, ad un crescente interesse per previsioni a livello *sub-nazionale*, cioè applicate a livelli territoriali sempre più ridotti come la provincia, il comune o la circoscrizione. Tuttavia, via via che il territorio, come la popolazione che ne fa parte, si riducono, da un lato ci si dovrebbe attendere una crescente omogeneità interna nei comportamenti e, quindi, nelle variabili demografiche, così come nelle altre di tipo sociale ed economico; dall'altro una diminuzione nella correttezza e significatività dei risultati (Bonifazi, Gesano e Misiti, 1998).

Anche l'orizzonte temporale scelto può essere più o meno breve. E' ovvio che più lungo è l'arco di tempo, più incerta è la previsione.

Gli uffici di statistica adottano obiettivi temporali diversi per le previsioni nazionali: le previsioni ISTAT del 2000 si estendono fino al

2050, quelle dell'EUROSTAT si limitano a 30 anni, mentre per gli Stati Uniti d'America il Central Bureau of Census utilizza i dati del 1999 per arrivare fino al 2100.

L'orizzonte temporale deve necessariamente ridursi al decrescere dell'area oggetto di previsione, poiché maggiore è la disaggregazione territoriale di riferimento, più i dati da trattare risultano volatili. La variabile *tempo* riguarda anche la lunghezza delle *serie storiche* su cui si basa lo studio dei *trends* passati per poter formulare le ipotesi su quelli futuri (naturalmente serie più lunghe influiscono positivamente sulla qualità).

### **2.3 - I dati e le fonti per le previsioni**

La procedura per ottenere previsioni di popolazione per sesso ed età è possibile se si dispone di dati relativi a: (1) una **popolazione iniziale**, classificata per sesso ed età; (2) una **tavola di mortalità** relativa alla popolazione in oggetto; (3) una **struttura di fecondità** per età; (4) una **struttura di migratorietà** per sesso ed età.

Presentiamo una rassegna delle principali fonti consultabili, per ognuna di queste componenti demografiche<sup>1</sup>.

Tutte le previsioni partono da una popolazione *iniziale* per arrivare a stimarne una *finale*. Queste due quantità sono generalmente definite da dati di *stock*, cioè individuate da una *data esatta*.

La **popolazione iniziale** può essere ricavata da: censimenti, anagrafi e registri di stato civile, indagini o inchieste speciali, stime e ricostruzioni a partire da dati censuari.

Il bilancio demografico nazionale (cioè le variazioni della popolazione legate al movimento naturale ed al movimento migratorio) è la somma dei *bilanci demografici comunali*, cioè la contabilizzazione di tutte le

---

<sup>1</sup> Per disporre di un quadro più dettagliato delle informazioni riportate, si rimanda a Bonarini (1999) e Terra Abrami (1998), capitolo 5. Le indicazioni sulle fonti riportate in questo paragrafo fanno specifico riferimento all'ambiente statistico nazionale e non sono quindi riferibili ad altri paesi, né sono riferibili a enti sovra-nazionali.

variazioni di ammontare verificatisi in un singolo anno di calendario, nell'*anagrafe* di ciascuno degli oltre 8.100 comuni italiani. Le informazioni sui bilanci demografici Comunali sono reperibili nell'*Annuario* dell'ISTAT *popolazione e movimento anagrafico dei comuni*. Questa procedura di osservazione della popolazione risente della qualità dei registri anagrafici. Uno dei motivi dell'esistenza del censimento della popolazione è proprio quello di monitorare, a cadenza decennale, la situazione dei registri anagrafici e di adeguare la popolazione risultante all'*anagrafe* con la popolazione censuaria. La discrepanza che si viene a creare tra censimento ed *anagrafe* è sempre stata notevole in tutti gli ultimi censimenti ed il problema è, quindi, *strutturale*, non legato cioè alle modalità di esecuzione dell'ultimo censimento o a particolari caratteristiche della tenuta delle *anagrafi* recenti. In generale l'ammontare di popolazione che risulta dalle *anagrafi*, per diversi motivi, tende a sovrastimare regolarmente il totale della popolazione effettiva. Alcune ragioni sono di natura tecnica, come, ad esempio, la mancata coincidenza tra data di iscrizione e data di cancellazione per trasferimento di residenza. Altre sono legate "*all'interesse oggettivo che possono avere i comuni a far risultare situazioni anagrafiche non effettivamente rispondenti alla realtà; basti pensare alle normative legate all'ammontare demografico, parametro che determina il regime elettorale per le amministrative, la localizzazione di particolari risorse, l'organico degli uffici comunali, ecc.*" (Terra Abrami, 1998, pag. 104). Ci sono poi fattori dipendenti dall'interesse dei singoli cittadini a dichiarare una residenza diversa da quella abituale, dovuto, ad esempio, a motivi fiscali o di non ottemperanza delle regole amministrative inerenti alla prima e seconda abitazione, alla situazione familiare, ecc. Infine, la discrepanza tra risultanze anagrafiche e censuarie può dipendere anche da una mancata copertura totale del censimento.

Le **tavole di mortalità** sono oggetto di pubblicazione periodica, in particolare le tavole di *mortalità nazionali* e le *tavole di mortalità regionali*. Inoltre, visitando il sito internet [www.demo.istat.it](http://www.demo.istat.it), possono

essere consultate e scaricate oltre alle più recenti tavole di mortalità nazionali e regionali, anche quelle provinciali.

Il punto di partenza per la costruzione di tavole di mortalità è rappresentato, oltre che dalle già citate pubblicazioni sulla popolazione, dalla *rilevazione sui decessi*. Le variabili classificatorie indispensabili per la costruzione delle tavole, in tale rilevazione, sono il sesso, la *data di nascita*, e l'età (anche se, in particolari elaborazioni, risultano utili anche il *comune di residenza*, la *causa di decesso*, il *luogo di nascita*, ecc.); sulla base di queste informazioni vengono poi svolte tutte le successive elaborazioni che portano alla costruzione delle suddette tavole di mortalità nazionali, regionali e provinciali. L'*Annuario* dell'ISTAT che riporta i risultati delle elaborazioni sui decessi si intitola, attualmente, *Decessi: caratteristiche demografiche e sociali*.

La **struttura di fecondità** per età può essere ricavata dalle *tavole di fecondità* che saltuariamente formano oggetto di pubblicazione. Il punto di partenza per la costruzione di tali tavole sono le informazioni desunte dalla *rilevazione delle nascite*, da cui vengono ricavate variabili come il sesso, la *data di nascita*, la *data di nascita della madre*, l'*ordine di nascita*, il *tipo di parto*, il *comune di residenza della madre*, ecc. L'*Annuario* che riporta i risultati delle elaborazioni sulle nascite si chiama *Nascite: caratteristiche demografiche e sociali*.

Recentemente, per ragioni di privacy, è stato approvato un regolamento<sup>2</sup> che ha comportato un'interruzione nella rilevazione sulle nascite. Il debito informativo creatosi in seguito alla soppressione della rilevazione individuale delle nascite riguarda le principali caratteristiche classificatorie delle nascite (vitalità, filiazione, ordine di nascita ed età della madre), gli aspetti legati al parto e l'informazione sul contesto socio-demografico per gli esiti positivi e negativi delle gravidanze. Al momento la precedente rilevazione sulle nascite è sostituita da una nuova rilevazione molto sintetica. Conseguentemente è stata rivista

---

<sup>2</sup> Articolo 1 e 2 della legge Bassanini n.127 (DPR n.403 del 20 Ottobre 1998).

tutta la strumentazione metodologica volta alla produzione delle statistiche sulle nascite. In particolare, è in via di ultimazione la realizzazione di un *sistema integrato di rilevazioni ad hoc*, allo scopo di supplire a tale mancanza. Il nuovo sistema di indagini si compone di un sottosistema tematico demografico-sociale e di un sottosistema socio-sanitario<sup>3</sup>.

In generale, non vi è dubbio che la struttura di fecondità per età è di più difficile reperibilità rispetto alle tavole di mortalità e spesso si è obbligati a fare ricorso ad elaborazioni ad hoc sul data-set disponibile<sup>4</sup>.

Per quanto riguarda la **struttura di migratorietà** per sesso ed età, sono gli uffici di anagrafe la fonte principale del dato, che viene utilizzato oltre che per scopi amministrativi, anche per fini statistici.

Il bilancio demografico nazionale riporta tra le altre voci anche gli *iscritti da altri comuni, cancellati per altri comuni, iscritti dall'estero e cancellati per l'estero*; questi sono dati riepilogativi annuali ricavati per somma dei dati riepilogativi mensili forniti da ciascun comune e riferiti alla *popolazione residente*. I dati dei bilanci comunali riferiti a iscrizioni e cancellazioni possono essere raggruppati in tre tipologie: *iscrizioni o cancellazioni dovute a migrazioni intercomunali, iscrizioni o cancellazioni dovute a migrazioni internazionali, iscrizioni o cancellazioni dovute ad altri motivi* (ad esempio, rettifiche per correzioni dai dati di censimento).

I risultati mensili a livello provinciale vengono pubblicati sul *Bollettino mensile di statistica*, mentre i bilanci comunali su base annua sono

---

<sup>3</sup> Nell'ambito del sottosistema demografico-sociale, un ruolo di primo piano è svolto dall'indagine campionaria sulle nascite, cui spetta il compito di recuperare alcune informazioni indispensabili per la comprensione delle dinamiche di fecondità in atto, come ad esempio le nascite distinte per ordine. Per maggiori dettagli si veda Buratta, Santini (2004).

<sup>4</sup> In particolare, i tassi specifici di fecondità possono essere ottenuti attraverso stime indirette. Uno dei metodi più utilizzati per lo studio della fecondità è il *metodo dei figli propri* (Livi Bacci, 1999). Tale metodo può essere applicato per studiare la fecondità nei 15-18 anni che precedono l'indagine stessa. Si utilizzano, infatti, i dati che descrivono la situazione in un dato istante, per stimare poi variabili di flusso (i tassi di fecondità specifici per età), che poi possono essere sintetizzati nelle classiche misure di intensità (i tassi di fecondità totale) e cadenza (età media al parto).

pubblicati in *Popolazione e movimento anagrafico dei comuni*. Oltre ai dati riepilogativi, per le previsioni sono necessari anche i dati strutturali sulle migrazioni. La rilevazione corrente che fornisce le informazioni individuali di interesse statistico (*sex, data di nascita, comune di origine e comune di destinazione, stato civile, titolo di studio, caratteristiche socio-professionali, residenza*) avviene tramite dei modelli individuali che vengono inviati mensilmente all'ISTAT dagli uffici comunali e si riferisce alle *iscrizioni e cancellazioni anagrafiche per trasferimento di residenza*. L'Annuario che riporta i risultati delle elaborazioni sui trasferimenti di residenza è intitolato attualmente *Movimento migratorio della popolazione residente*. Altre fonti, relative alla mobilità ma che si riferiscono alla popolazione presente, possono essere le elaborazioni sui *permessi di soggiorno del Ministero dell'interno*, realizzate dall'ISTAT ed i risultati della rilevazione annuale dell'ISTAT sulla *Popolazione residente straniera iscritta in anagrafe*.

Se il dettaglio territoriale richiesto dalle previsioni è più ristretto del livello comunale (quartieri di residenza, circoscrizioni, sezioni di censimento,...) non possono essere utilizzati i dati correntemente pubblicati dall'ISTAT; pertanto si rendono necessarie elaborazioni *ad hoc*, su dati aggiuntivi non compresi nelle statistiche ufficiali, che lo stesso ente committente dovrà fornire.

Naturalmente, nella proiezione della popolazione, si può fare riferimento solo agli immigrati *regolari*, quelli, cioè, in regola sia con la *normativa di ingresso*, che con quella di *permanenza* nel nostro paese; sono esclusi, invece, coloro che sono irregolari (entrati regolarmente, ma poi non in regola con la norma di permanenza) e coloro che sono clandestini (cioè entrati in Italia irregolarmente); entrambi costituiscono la cosiddetta immigrazione clandestina. L'*immigrazione clandestina* può solo essere stimata attraverso *indagini speciali*: un esempio è il campionamento *snowball* (a valanga), nel quale ad ogni soggetto inizialmente individuato si chiede di indicare altri soggetti da lui conosciuti che sono in possesso di caratteristiche utili all'indagine, proseguendo poi allo stesso modo in

maniera iterativa (Bonarini, 1999). Se questo tipo di stime fossero disponibili, i dati sulla componente migratoria necessari per produrre previsioni, potrebbero essere ottenuti *correggendo* l'immigrazione regolare (fornita dalle statistiche ufficiali) con l'immigrazione clandestina stimata.

In conclusione, possiamo affermare che disporre di una base informativa di buona qualità rappresenta uno dei passi cruciali nella produzione di previsioni affidabili: talvolta distorsioni nella popolazione di base o nella componente migratoria, possono pesare più delle scelte sulle *ipotesi* di sviluppo delle componenti demografiche.

### **3 - I METODI DI PROIEZIONE**

#### **3.1 - Tecniche elementari**

La scelta della metodologia di proiezione dipende dal livello di dettaglio richiesto dall'*output*. In generale: più dettagliato è il risultato cercato, più sofisticata è la metodologia da adottare e più numerosi i dati di *input* che questa richiede.

La più semplice metodologia di proiezione (Preston *et al.*, 2001) consiste nell'esame del totale della popolazione, senza alcuna classificazione di sesso, età o di altre variabili. Sulla base della popolazione al tempo  $t=0$  si tratta di prevedere il suo ammontare totale al tempo  $T$ :

$$P(T) = P(0)e^{\int_0^T r(t)dt} = P(0)e^{\bar{r}[0,T] \times T} \quad (1)$$

dove  $\bar{r}[0,T]$  rappresenta il tasso medio annuo di crescita della popolazione da 0 a  $T$ . Se si dispone di una stima  $r$  di  $\bar{r}[0,T]$ , un altro semplice modo per proiettare l'ammontare totale della popolazione, è *immaginarlo costante per tutto il tempo della proiezione*:

$$P(T) = P(0)e^{rT} \quad (2)$$

Questo modo di procedere può essere utilizzato se, nella popolazione in esame, ha senso considerare fecondità, mortalità e migratorietà *invarianti* in tutto il periodo di proiezione. Anche la *struttura per età* viene considerata invariante nel tempo.

Il tasso  $r$  costituisce così la base per opportune ipotesi sul tasso di incremento annuo nel futuro: uguale a quello verificato negli anni più recenti, o in diminuzione, o in ripresa o con un andamento più articolato nel tempo. Stabilire una specifica evoluzione del *tasso di incremento annuo*, porta indirettamente anche a fare ipotesi sul futuro della popolazione: essa avrà lo stesso andamento del passato, o uno più lento, o uno più veloce.

Se si dispone delle singole componenti che contribuiscono alla variazione della popolazione in esame (*nascite, morti e migrazioni*), un altro modo per ottenere previsioni dell'ammontare totale è utilizzare la cosiddetta *equazione generale della popolazione*:

$$P_{t+5} = P_t + N - M + I - E = P_t + (N - M) + (I - E) \quad (3)$$

dove  $P_{t+5}$  indica la *popolazione obiettivo* dopo 5 anni e  $P_t$  indica la popolazione all'inizio dell'anno  $t$ ;  $N$ ,  $M$ ,  $I$ ,  $E$ , rispettivamente le nascite, i decessi, gli immigrati e gli emigrati nell'anno  $t$ .

Analogamente è possibile lavorare anche a partire dai *tassi generici* di natalità, mortalità, di emigratorietà e di immigratorietà<sup>5</sup>, che andranno applicati, ogni cinque anni, all'ammontare dell'ultima popolazione disponibile, una volta calcolati per gli anni precedenti, ipotizzando per ciascuno una tendenza futura.

Le espressioni analitiche di tali *tassi generici* sono le seguenti:

---

<sup>5</sup> Per una formalizzazione dell'equazione della popolazione in funzione dei tassi generici si veda: Santini (2005).

$$n = \frac{N}{0,5(P_t + P_{t+5})} \text{ (tasso generico di natalità)} \quad (4)$$

$$m = \frac{M}{0,5(P_t + P_{t+5})} \text{ (tasso generico di mortalità)} \quad (5)$$

$$e = \frac{E}{0,5(P_t + P_{t+5})} \text{ (tasso generico di emigratorietà)} \quad (6)$$

$$i = \frac{I}{0,5(P_t + P_{t+5})} \text{ (tasso generico di immigratorietà)} \quad (7)$$

Tuttavia, è difficile che previsioni aggregate di questo tipo siano richieste, poiché si profilano solo per rari utilizzi in cui non sia indispensabile una classificazione per sesso ed età.

### **3.2 - Il metodo *cohort-component* per la previsione della componente naturale**

L'unico metodo di previsioni demografiche che ha totale consenso all'interno della comunità scientifica (lo stesso utilizzato dall'ISTAT, dalle Nazioni Unite e dall'United States Bureau of the Census) è il cosiddetto metodo *cohort component*<sup>6</sup>.

Per meglio descrivere tale metodologia è utile partire dal diagramma di Lexis<sup>7</sup> (figura 1). Il periodo di previsione è diviso in intervalli di lunghezza pari all'ampiezza delle classi di età che caratterizzano la popolazione di partenza. Essendo la nostra popolazione di base (al

---

<sup>6</sup> Tale metodo è un caso particolare, ed allo stesso tempo un'evoluzione più sofisticata, dell'*equazione generale della popolazione* applicata età per età per la stima della struttura futura della popolazione. In questo paragrafo verrà presentato il metodo *cohort component* applicato a classi di età quinquennali, poiché la disponibilità di questo tipo di informazioni è più frequente. Ovviamente le stesse formule sono valide, con le opportune modifiche, anche per classi di età annuali.

<sup>7</sup> Nella rappresentazione del diagramma di Lexis si segue l'approccio proposto da Santini (1992).

31/12/t) divisa in classi quinquennali, avremo il primo output dopo 5 anni (al 31/12/t+5).

Dall'osservazione del diagramma di Lexis emerge come il processo di proiezione si realizzi in un'ottica generazionale, anche se all'interno di un anno di calendario.

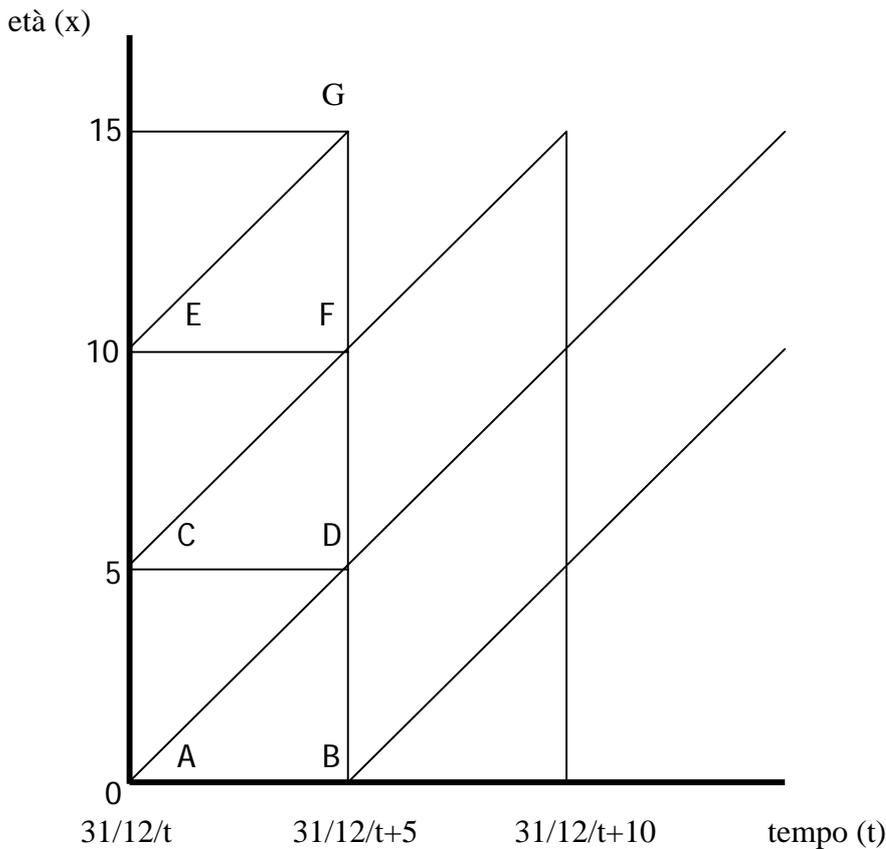
La popolazione al 1° Gennaio dell'anno base t (che coincide con quella del 31/12/t-1) è costituita da una serie di generazioni successive che in quella data sono identificabili da una specifica età espressa in anni compiuti. In generale le proiezioni vengono realizzate separatamente su ciascuna generazione, e nel caso di previsioni quinquennali, ovviamente, su 5 generazioni contigue, stimando tutti i cambiamenti che intervengono nella popolazione nel corso dei 5 anni; vale a dire, guardando la figura 1, le quantità in entrata ed in uscita nei parallelogrammi prospettivi ACDF, CEFG, ecc... e nel triangolo ABD per le 5 generazioni che nascono nei primi 5 anni di previsione. Tali quantità sono costituite da decessi (uscite), da migrazioni (entrate ed uscite) e, solo per la prima generazione, anche dalle nascite (entrate).

Tecnicamente<sup>8</sup>, si tratta di “far invecchiare” le persone di ciascun gruppo di età, cioè di calcolare, data una certa probabilità di morte, quanti sopravviveranno dopo 5 anni. Oltre a questo occorre far intervenire la fecondità, per prevedere quanti bambini nasceranno nel periodo di previsione, e la migratorietà, per vedere quante persone si aggiungeranno o usciranno nella popolazione nello stesso intervallo. I flussi di nati e di immigrati sono poi fatti “invecchiare” attraverso opportune tavole di mortalità.

---

<sup>8</sup> Per la presentazione analitica del metodo cohort-component facciamo riferimento a Rossi (1980, 1997).

**Figura 1 - Diagramma di Lexis per classi di età quinquennali.**



Il calcolo della popolazione prevista si basa sul concetto di sopravvivenuti. A partire dalla classificazione della popolazione in classi di età, la popolazione futura è la risultante della sopravvivenza delle generazioni nel periodo considerato. Quindi, scelta una tavola di mortalità opportuna, da cui estrarre le probabilità di sopravvivenza riferite alla popolazione alle varie età, avremo indicando con

$$P_{5-9;s}^{t+5} = P_{0-4;s}^t \times_5 S_{0-4;s} ; P_{10-14;s}^{t+5} = P_{5-9;s}^t \times_5 S_{5-9;s} ; \text{ etc.}$$

e in generale:

$$P_{x+5,x+9;s}^{t+5} = P_{x,x+4;s}^t \times_5 S_{x,x+4;s} \quad (8)$$

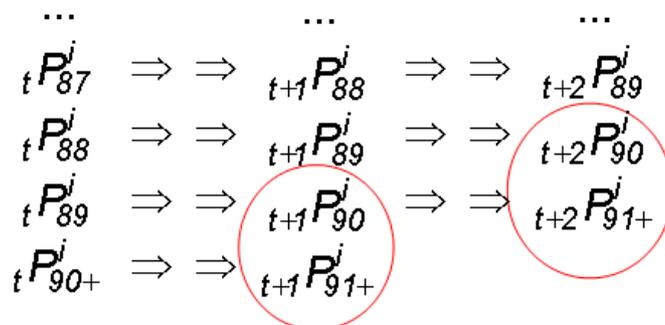
dove  $P_{x,x+4;s}^t$  è la popolazione in età  $x,x+4$  del sesso  $s$  al tempo  $t$ , e  ${}_5S_{x,x+4;s}$  è la probabilità, per una persona in età  $x, x+4$  e del sesso  $s$ , di essere in vita 5 anni dopo ed è data da:

$${}_5S_{x,x+4;s} = \frac{{}_5L_{x+5;s}}{{}_5L_{x;s}} \quad (9)$$

essendo  ${}_5L_{x;s}$  il numero di anni vissuti nell'intervallo di età  $x,x+5$ . Tale funzione, tratta dalla tavola di mortalità, è definita per ciascun sesso

come:  ${}_5L_{x;s} = \sum_i L_{x+i}$ ; che approssimata diventa  ${}_5L_{x;s} \approx 5 \times \frac{(l_{x;s} + l_{x+5;s})}{2}$ .

Come dimostra lo schema seguente, nella formalizzazione dell'algoritmo previsivo occorre tenere conto che l'ultimo gruppo di età è identificato da una classe aperta.



Per questa ragione, nelle età anziane la formula (8) assume la seguente espressione:

$$P_{x+5,\infty;s}^{t+5} = \left( P_{x;s}^t \times \frac{{}_5L_{x+5;s}}{{}_5L_x} \right) + \left( P_{x+5;\infty}^t \times \frac{T_{x+5}}{T_x} \right)$$

Che può essere scritta come:

$$P_{x+5,\infty;s}^{t+5} = \left( P_{x;s}^t + P_{x+5,\infty;s}^t \right) \times \frac{T_{x+5;s}}{T_{x;s}} \quad (10)$$

Da adesso in avanti, per alleggerire la notazione, trascureremo il pedice  $s$  che, nella popolazione  $P$  e nella sopravvivenza  $S$ , indica il sesso, tenendo presente che il calcolo va comunque effettuato separatamente per i due sessi.

La tabella 1 mostra, lungo la diagonale principale, il procedere dell'invecchiamento di ogni classe di età nel tempo. Si vede anche che rimarrebbe vuoto un triangolo in alto a destra: si tratta delle persone non ancora nate al tempo iniziale della proiezione, e che nasceranno nel quinquennio successivo.

Per ottenere questo numero di nati e poi le popolazioni in età 0-4, 5 anni dopo l'inizio della proiezione, occorre conoscere i tassi di fecondità specifici per età della madre nell'anno base ( $f_x$ ), nello stesso modo in cui occorrono le probabilità di sopravvivenza per la popolazione già nota.

Applicando, classe per classe, i tassi di fecondità previsti al numero medio di donne previste nel quinquennio<sup>9</sup>, si ottiene il numero annuo di nati, da moltiplicare per 5, per avere i nati nell'intero quinquennio:

$$N^{t,t+5} = 5 \times \sum_{x=15}^{49} N_{x,x+4}^{t,t+5} = 5 \times \sum_{x=15}^{49} f_{x,x+4} \frac{\left( P_{x,x+4}^t + P_{x,x+4}^{t+5} \right)}{2} \quad (11)$$

I nati saranno poi suddivisi tra maschi e femmine, facendo ricorso al rapporto fra i sessi alla nascita, che equivale ad una proporzione di nati di circa 51,4% di maschi e 48,6% di femmine.

---

<sup>9</sup> I tassi specifici sono da intendersi come tassi medi per classi di età quinquennali. Esemplicando, essi sono espressi come il numero medio di nascite per 1000 donne di età  $x+2,5$ .

Di tali nati, maschi o femmine, occorrerà infine calcolare i sopravvissuti a fine periodo, usando ancora le funzioni di sopravvivenza della tavola di mortalità:

$$P_{0-4;M}^{t+5} = N_M^{t,t+5} \times S_{n;M} = N_M^{t,t+5} \times \left( \frac{L_{0-4;M}}{5 \times l_{0;M}} \right) \quad (12)$$

$$P_{0-4;F}^{t+5} = N_F^{t,t+5} \times S_{n;F} = N_F^{t,t+5} \times \left( \frac{L_{0-4;F}}{5 \times l_{0;F}} \right) \quad (13)$$

dove  $S_n$  rappresenta la probabilità per un nato nel quinquennio (maschio o femmina) di essere in vita alla fine del quinquennio di nascita. Questi viventi in età 0-4, così ottenuti, saranno poi fatti “invecchiare” negli anni successivi nel modo consueto.

In alternativa al metodo *cohort component*, per la previsione del totale della popolazione delle nascite e dei decessi, alcuni autori hanno fatto ricorso a modelli di *serie storiche*. Il vantaggio di questo tipo di approccio sta nella possibilità di individuare abbastanza accuratamente le tendenze di breve periodo e di fornire intervalli di confidenza statistici. Tali modelli trovano un loro naturale impiego nell'estrapolazione futura dell'andamento di mortalità, fecondità e migratorietà, attraverso l'analisi dei tassi; tali risultati possono poi essere utilizzati prevedendo l'ammontare della popolazione per sesso e classi di età attraverso il già descritto modello *cohort-component*. Tuttavia, la natura stessa di questi metodi comporta un forte limite: viene meno la possibilità da parte del ricercatore di costruire specifiche ipotesi di previsione tese a porre in relazione i fattori sociali, culturali, psicologici ed economici ai comportamenti demografici. Inoltre, generalmente si preferisce imporre ai fenomeni un determinato andamento, che tenga conto anche delle analisi preliminari relative allo specifico contesto demografico in esame.

**Tabella 1 - Schema per la proiezione della popolazione femminile.**

età	$f_x$	$S_x$	$P_{x,x+4}^t$	$P_{x+5,x+9}^{t+5}$	$P_{x+10,x+14}^{t+10}$	$P_{x+15,x+19}^{t+15}$	$P_{x+20,x+24}^{t+20}$
Nati	-	$S_n$	$N_F^{t,t+5}$	$N_F^{t+5,t+10}$	$N_F^{t+10,t+15}$	$N_F^{t+15,t+20}$	$N_F^{t+20,t+25}$
0-4		$S_{0-4}$	$P_{0-4}^t$	$P_{0-4}^{t+5}$	$P_{0-4}^{t+10}$	$P_{0-4}^{t+15}$	$P_{0-4}^{t+20}$
5-9		$S_{5-9}$	$P_{5-9}^t$	$P_{5-9}^{t+5}$	$P_{5-9}^{t+10}$	$P_{5-9}^{t+15}$	$P_{5-9}^{t+20}$
10-14		$S_{10-14}$	$P_{10-14}^t$	$P_{10-14}^{t+5}$	$P_{10-14}^{t+10}$	$P_{10-14}^{t+15}$	$P_{10-14}^{t+20}$
15-19	$f_{15-19}$	$S_{15-19}$	$P_{15-19}^t$	$P_{15-19}^{t+5}$	$P_{15-19}^{t+10}$	$P_{15-19}^{t+15}$	$P_{15-19}^{t+20}$
20-24	$f_{20-24}$	$S_{20-24}$	$P_{20-24}^t$	$P_{20-24}^{t+5}$	$P_{20-24}^{t+10}$	$P_{20-24}^{t+15}$	$P_{20-24}^{t+20}$
25-29	$f_{25-29}$	$S_{25-29}$	$P_{25-29}^t$	$P_{25-29}^{t+5}$	$P_{25-29}^{t+10}$	$P_{25-29}^{t+15}$	$P_{25-29}^{t+20}$
30-34	$f_{30-34}$	$S_{30-34}$	$P_{30-34}^t$	$P_{30-34}^{t+5}$	$P_{30-34}^{t+10}$	$P_{30-34}^{t+15}$	$P_{30-34}^{t+20}$
35-39	$f_{35-39}$	$S_{35-39}$	$P_{35-39}^t$	$P_{35-39}^{t+5}$	$P_{35-39}^{t+10}$	$P_{35-39}^{t+15}$	$P_{35-39}^{t+20}$
40-44	$f_{40-44}$	$S_{40-44}$	$P_{40-44}^t$	$P_{40-44}^{t+5}$	$P_{40-44}^{t+10}$	$P_{40-44}^{t+15}$	$P_{40-44}^{t+20}$
45-49	$f_{45-49}$	$S_{45-49}$	$P_{45-49}^t$	$P_{45-49}^{t+5}$	$P_{45-49}^{t+10}$	$P_{45-49}^{t+15}$	$P_{45-49}^{t+20}$
50-54		$S_{50-54}$	$P_{50-54}^t$	$P_{50-54}^{t+5}$	$P_{50-54}^{t+10}$	$P_{50-54}^{t+15}$	$P_{50-54}^{t+20}$

### 3.3 – La previsione delle migrazioni

L'approccio teorico di riferimento per lo studio delle migrazioni a fini previsivi<sup>10</sup> parte da un *sistema multi-areale*, suddiviso appunto in più aree, e distinto da ciò che è esterno al sistema stesso, cioè il *resto del mondo*. Un sistema di questo tipo tiene conto anche delle *migrazioni interne*, ovvero le migrazioni tra un'area ed un'altra. Disponendo dei saldi migratori netti età per età, vi sono 3 criteri possibili per modellare il fenomeno (il *modello uniregionale*, il *pool-model*, il *modello multiregionale*): la scelta tra i tre è condizionata dalla disponibilità dei dati, dall'effettiva applicabilità del modello e dal livello di semplicità che si desidera.

#### 3.3.1 - Il modello uniregionale

Il primo criterio è il modello uni-regionale, e consiste nell'esame di ogni singola area del sistema multi-areale indipendentemente dalle altre,

<sup>10</sup> In questa parte facciamo riferimento a Terra Abrami (1998).

trascurando quindi la caratteristica delle migrazioni interne (cioè le migrazioni intra-area). Tuttavia, qualora il modello per età degli emigranti verso una delle aree interne al sistema multi-areale (cioè il profilo per età del migrante interno) e di quelli verso il resto del mondo (cioè il profilo per età del migrante che si muove al di fuori del sistema multi-areale di riferimento) fossero significativamente diversi, il modello uni-regionale comporterebbe inevitabili imprecisioni nei risultati delle previsioni.

Spesso, per integrare il metodo *cohort component* con la componente migratoria, in un'ottica *uniregionale*, si usa correggere la popolazione ottenuta alla fine del quinquennio di previsione aggiungendo le immigrazioni e sottraendo le emigrazioni; tuttavia, seguendo questo approccio, si trascura da una parte, la possibilità che alcuni migranti non sopravvivano fino alla fine dell'intervallo, dall'altra, che mettano al mondo dei figli che sopravvivono fino alla fine del quinquennio di previsione.

Un modo, abbastanza sofisticato, per inserire nell'algoritmo di previsione la componente migratoria è proposto da Preston, Heuveline e Guillot (2001). Si tratta di dividere il numero di migranti durante l'intervallo di tempo in due quantità discrete, ed assumere che una parte di queste si "muova" all'inizio dell'intervallo e l'altra alla fine.

Si tratta, a questo punto, di inserire il saldo migratorio  $SM_{x,x+4}^{t,t+5}$  nelle formule già viste:

$$P_{x+5,x+9}^{t+5} = \left( \left( P_{x,x+4}^t + \frac{SM_{x,x+4}^{t,t+5}}{2} \right) \times_5 S_{x,x+4} \right) + \frac{SM_{x+5,x+9}^{t,t+5}}{2} \quad (14)$$

Per le età anziane:

$$P_{90,\infty}^{t+5} = \left( \left( P_{85}^t + P_{90,\infty}^t + \frac{SM_{85,89}^{t,t+5}}{2} + \frac{SM_{90,\infty}^{t,t+5}}{2} \right) \times \frac{T_{89}}{T_{85}} \right) + \frac{SM_{90,\infty}^{t,t+5}}{2} \quad (15)$$

Poiché incrementi di migrazioni alla fine dell'intervallo di previsione non hanno effetti sul numero di nascite durante l'intervallo, ma solo all'inizio di esso, il numero di nati sarà:

$$N^{t,t+5} = 5 \times \sum_{x=15}^{49} N_{x,x+4}^{t,t+5} = 5 \times \sum_{x=15}^{49} f_{x,x+4} \frac{\left( P_{x,x+4}^t + P_{x,x+4}^{t+5} + \frac{SM_{x,x+4}^{t,t+5}}{2} \right)}{2} \quad (16)$$

Dopo aver diviso tali nascite tra maschi e femmine nella maniera precedentemente citata, occorre infine far sopravvivere tali nascite fino alla fine dei primi 5 anni di vita ed aggiungere metà del flusso migratorio netto tra 0 e 4 anni:

$$P_{0-4;M}^{t+5} = N_M^{t,t+5} \times \left( \frac{L_{0-4;M}}{5 \times l_{0;M}} \right) + \frac{SM_{0-4;M}^{t,t+5}}{2} \quad (17)$$

$$P_{0-4;F}^{t+5} = N_F^{t,t+5} \times \left( \frac{L_{0-4;F}}{5 \times l_{0;F}} \right) + \frac{SM_{0-4;F}^{t,t+5}}{2} \quad (18)$$

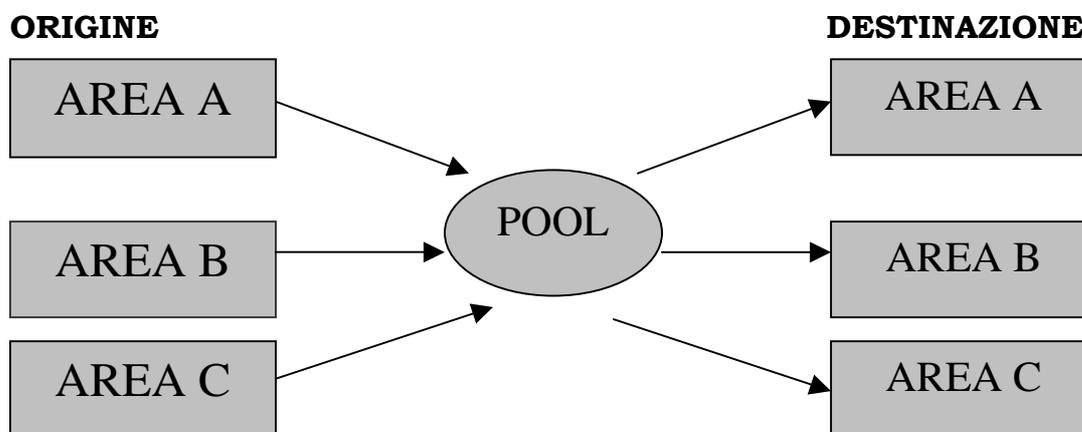
### 3.3.2 - Il *pool-model*

Il secondo criterio è il *pool-model*, e viene applicato allo studio delle migrazioni interne. Il modello ha due versioni: a *pool unico* e a *pool variabile*.

Il modello a pool unico crea un'area fittizia dove tutte le uscite per emigrazione dalle singole aree per le altre sono cumulate: queste poi vengono ridistribuite perché in qualità di flussi immigratori tra le varie aree, secondo quote stimate o ipotizzate. Una possibilità può essere quella di utilizzare la distribuzione media degli ultimi anni degli ingressi in ogni area per migrazione interna, rapportati al totale delle migrazioni interne.

Il pool unico ha alcuni pregi: semplifica gli algoritmi di proiezione; ha bisogno di un numero piuttosto contenuto dei parametri di *input*; e, rispetto al *modello uniregionale*, conserva l'effetto origine da una determinata area. Il difetto principale consiste nell'attribuzione implicita della *stessa struttura per età* ai flussi in entrata in ciascuna area, quindi nella perdita dell'effetto destinazione e dell'associazione *origine-destinazione*.

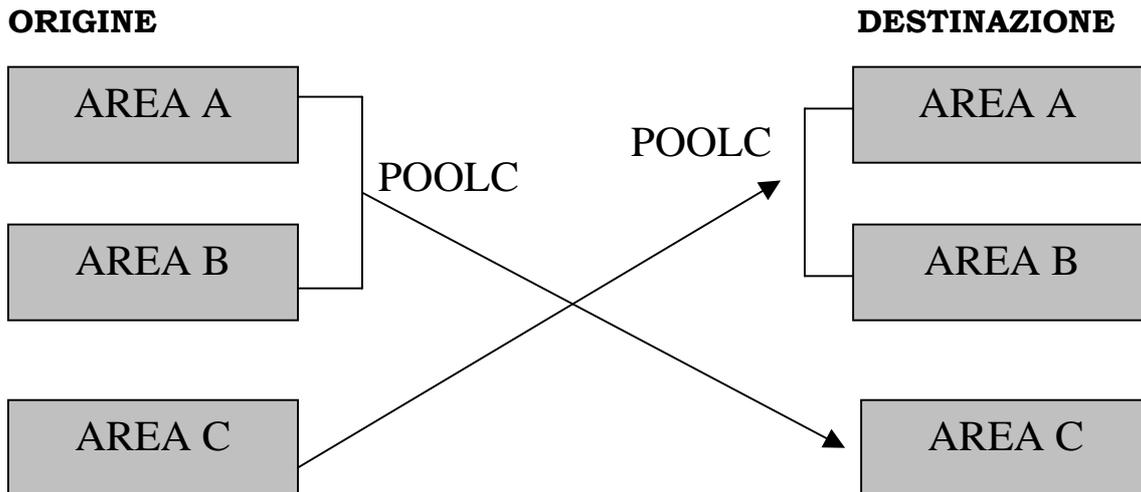
**Figura 2 - Modello a pool unico per tre aree.**



Nel modello a *pool variabile* il pool non è unico per tutte le aree (figura 3); ogni area in esame ha un proprio pool costituito dall'insieme delle rimanenti aree del sistema: tale insieme costituisce la destinazione delle emigrazioni totali dall'area esaminata per tutte le altre aree, ma anche l'origine delle immigrazioni totali. La serie degli ingressi per età dovuti a migrazioni interne,  $(INTI_{(x,x+4)})$ , può essere considerata generata dal *vettore per età di tutte le altre aree del sistema (considerate assieme)*, che

dà luogo alla *popolazione per età del pool*, ( ${}_{pool}P_{(x,x+4)}$ ). La popolazione che costituisce il pool è facilmente ricavabile sottraendo dalla popolazione complessiva del sistema *multi-areale* studiato la popolazione dell'area in esame.

**Figura 3- Modello a pool variabile per tre aree.**



Il modello a pool variabile ha pertanto un vantaggio rispetto ai precedenti: permette di utilizzare misure che descrivono oltre la *propensione ad emigrare da un'area*, anche la *propensione ad immigrare nell'area*. Consideriamo l'area A: la *propensione ad emigrare dall'area A*, ( $o_{x,x+4}$ ), è data dal rapporto tra *coloro che nell'intervallo di tempo considerato sono emigrati dall'area A*, ( $O_{x,x+4}$ ), verso una delle altre aree e la *popolazione dell'area A*, ( $P^A_{x,x+4}$ ):

$$o_{x,x+4} = \frac{O_{x,x+4}}{P^A_{x,x+4}} \quad (19)$$

La *propensione ad immigrare nell'area A*, ( $w_{x,x+4}$ ), è intesa in termini di *propensione ad emigrare da tutte le altre aree verso l'area A* ed è data dal rapporto tra coloro che, provenienti dalle altre aree, nell'intervallo di

tempo considerato, sono immigrati nell'area A, ( $INTI_{x,x+4}^A$ ), e la popolazione del pool dell'area A, ( $poolP_{x,x+4}^A$ ):

$$W_{x,x+4} = \frac{INT I_{x,x+4}^A}{pool P_{x,x+4}^A} \quad (20)$$

Utilizzare questo tipo di metodologia permetterà di ottenere, separatamente per ciascuna area, sia il vettore delle uscite per età, sia il vettore delle entrate per età. In particolare, per ottenere queste misure, ogni 5 anni occorrerà calcolare di nuovo, per ogni area studiata, sia il vettore di popolazione dell'area,  $P_{(x,x+4)}^A$ , sia il vettore di popolazione del pool che la caratterizza,  $poolP_{(x,x+4)}^A$ , come somma degli (n-1) vettori di popolazione delle altre aree del sistema.

Tuttavia, nel modello a pool variabile, pur essendo preservata parzialmente la natura dell'evento, poiché è identificato oltre che da un'entrata, come nel pool unico, anche da un'uscita, è comunque inevitabile una forte perdita di informazioni: l'associazione *tra area di origine ed area di destinazione*.

### 3.3.3 - Il modello multiregionale

Il terzo criterio è il *modello multiregionale*, che permette di descrivere nella maniera più completa e coerente l'insieme dei flussi migratori interni. Esso richiede la costruzione di una matrice di *origine/destinazione*, in cui le righe e le colonne contengono le aree di ingresso e le aree di uscita, cosicché ciascuna cella permette di individuare immediatamente il legame origine-destinazione.

La diagonale principale rappresenta le migrazioni interne "intra-area", e quindi include *non eventi*, cioè eventi che non interessano un modello di proiezione, non determinando cambiamenti nell'ammontare e nella struttura della popolazione di nessuna area.

Ad esempio, se per un'area A, sono note:

- le aree di destinazione delle emigrazioni da A,
- le aree di origine delle immigrazioni in A;

ciò rende possibile generare una matrice, i cui elementi  $M_{ij}$  individuano i flussi assoluti dei trasferimenti tra l'area  $i$  e l'area  $j$ .

Lo svantaggio di questo metodo è la grande quantità di dati che si rendono necessari: in un sistema di  $n$  aree gli elementi della matrice da definire sono  $n(n-1)$ . Tale modello, ha, per adesso, scopi principalmente descrittivi, perché “complesso è il problema della misura, dell'analisi e della previsione dell'associazione delle variabili di origine e destinazione” (Terra Abrami, 1998). Interessanti sviluppi di tale modello a fini previsivi sono presenti nella letteratura più recente (Rogers, 1995; Rogers *et al.*, 2002).

### **3.4 – Cenni sulle previsioni probabilistiche**

Solitamente negli scenari e nelle proiezioni demografiche si usa produrre tre output: variante media, variante alta e variante bassa. E' così nelle previsioni dell'ISTAT per l'Italia (par. 8.1), ed è così negli scenari della popolazione mondiale delle Nazioni Unite (par. 8.2). La variante media è considerata la più probabile delle ipotesi evolutive, le varianti alta e bassa sono introdotte per indicare il massimo e il minimo valore entro cui si potrà discostare la popolazione “reale”. Tuttavia, le varianti alta e bassa “sono semplicemente modelli alternativi o definiscono un vero e proprio intervallo?” (Lutz, Sanderson, Scherbov, 1999). Alcuni autori preferiscono rendere operativo l'algoritmo che produce le previsioni con un approccio di tipo probabilistico, invece che deterministico, quindi con l'obiettivo di quantificare l'incertezza propria in tutti i tipi di previsione. Ad esempio, la previsione probabilistica della popolazione mondiale nel 2050 può risultare essere fra gli 8 e 10 miliardi di persone con una probabilità dell'80%.

La metodologia alla base delle *previsioni probabilistiche* è il *metodo cohort-component* (par. 3.2) in cui, però, ad ogni componente demografica viene associata una distribuzione di probabilità<sup>11</sup>.

In generale, comunque, non esiste un criterio perfettamente oggettivo di definire gli andamenti futuri delle tre determinanti della dinamica demografica. Consideriamo il caso di un paese, come ad esempio gli Stati Uniti, per il quale non siano previsti consistenti cambiamenti strutturali nei prossimi anni. Gli Stati Uniti, infatti, hanno ormai completato la propria transizione demografica e gli andamenti delle componenti mortalità, fecondità e migratorietà sono stati relativamente stabili negli ultimi trent'anni; si tratta inoltre di un paese che possiede una buona e lunga serie storica di dati demografici. Nella tabella 2 sono riportati i risultati di una serie di previsioni di tipo probabilistico per gli Stati Uniti al 2065. E' chiara l'inconsistenza di tali risultati: il limite inferiore dell'intervallo di confidenza va da 207 milioni a 291 milioni di persone, con una differenza di 84 milioni di persone; il limite superiore varia da 456 milioni di persone a 611 milioni, con una differenza di 155 milioni di persone

**Tabella 2 - Previsioni della popolazione U.S.A. al 2065 con intervallo di confidenza al 95% (Dati in milioni)**

	Popolazione al 2065	Limite inferiore dell'intervallo	Limite superiore dell'intervallo
U.S. Boreau of the Census 1989	296	207	456
Pflaumer 1988	301	253	349
Lee and Tuljapurkar 1994	398	259	609
U.S. Boreau of the Census 1992	413	268	599
Pflaumer 1992	443	270	611
Social security 1989	324	272	389
Social security 1991	351	291	435

Fonte: Lutz, Sanderson, Scherbov, 1996

Questo esempio dimostra che, anche disponendo di buone serie storiche di dati e di un certo numero di previsioni alternative, è impossibile stimare con una precisione elevata l'andamento futuro della popolazione, a causa dell'inevitabile soggettività delle ipotesi. Perciò, "qual è il modo migliore di utilizzare i risultati di esperti competenti,

<sup>11</sup> Per una descrizione dettagliata del metodo si veda Lutz (1996).

tenendo ben presenti i dati degli andamenti passati, per ipotizzare con il minimo livello di incertezza le distribuzioni delle tre dinamiche demografiche?” (Lutz, Sanderson, Scherbov, 1999).

Un approccio che cerca di combinare da un lato la volontà di produrre previsioni di tipo probabilistico e dall’altro di tenere in considerazione il parere degli esperti è l’*expert-based probabilistic projection*. Questo approccio esula dalla pratica comune degli istituti di statistica ed evita di dover definire le tre varianti: media, alta e bassa. Nel modello sono definite le distribuzioni degli andamenti futuri della fecondità, mortalità e migratorietà in tutte le zone del mondo tramite il confronto tra esperti del settore che abbiano a supporto delle loro tesi pubblicazioni scientifiche. Dopo aver determinato tali distribuzioni è necessario esplicitare la percentuale di tutti i possibili andamenti futuri della popolazione che deve essere coperta dall’intervallo di confidenza.

A titolo esemplificativo, riportiamo i risultati delle previsioni della popolazione mondiale, realizzate dallo IIASA<sup>12</sup> (International Institute for Applied Systems Analysis), per le quali è stato stabilito che l’intervallo di confidenza al 2030 dovesse coprire approssimativamente il 90% di tutti i possibili valori per quell’anno. In particolare, IIASA ha implementato l’*expert-based probabilistic projection model* per 13 zone del mondo e alcuni singoli stati. In sintesi, il modello si basa su questa metodologia: sono definite distribuzioni di probabilità per i tassi di fecondità, mortalità e migratorietà per il 2030-2035, basandosi sulle ipotesi degli esperti (Lutz, 1996). Per ciascuna zona vengono sviluppate previsioni della popolazione con il metodo *cohort-component*, utilizzando i modelli per età delle componenti demografiche scelti casualmente dalle distribuzioni stocastiche precedentemente predisposte. L’andamento tra l’anno base 2000 e il 2100 è determinato da un’interpolazione lineare, in cui, più ci si allontana dall’anno base, più l’intervallo di confidenza si

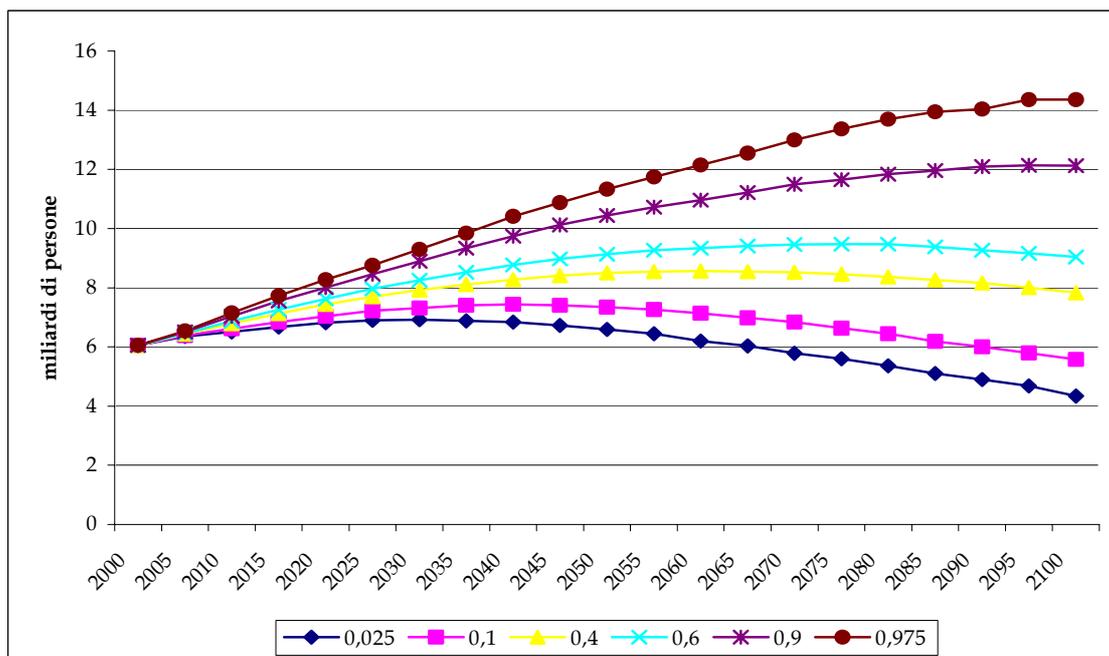
---

<sup>12</sup> Lo IIASA is an interdisciplinary, nongovernmental research institution founded in 1972 by leading scientific organizations in 12 countries situated near Vienna.

ampia.

I risultati evidenziano fino al 2030-2035 una rapida ascesa dei valori dell'intervallo di confidenza e dopo questa data, prima un leggero attenuamento, e successivamente un livellamento (figura 4). Nella tabella 3 sono presentati i risultati del valore mediano delle previsioni IIASA per le 13 zone del mondo scelte. Secondo queste stime avremo 6 zone (Africa Sud Sahariana, America Latina, Est Europa, Nord Africa, Medio Oriente e Asia Centrale) in cui nei prossimi 100 anni la popolazione subirà una crescita costante, molto accentuata dal 2000 al 2035, per poi subire un rallentamento dopo tale data. Viceversa le zone Cina e Indocina, Isole del Pacifico, Indonesia e Corea, Sud Est Asiatico presenteranno dal 2000 al 2050 un incremento della popolazione, ma dopo questa data si osserva un calo, che nel caso della Cina si verifica dopo il 2035. I paesi dell'Europa Occidentale, Australia, Giappone e Nuova Zelanda, e Nord America, i paesi con elevato processo di invecchiamento, subiranno un continuo declino per tutto il periodo di previsione.

**Figura 4 - Andamento della popolazione mondiale dal 2000 al 2100. Il simbolo corrispondente ad ogni linea indica l'associata probabilità che la grandezza della popolazione stia al di sotto di tale linea.**



Fonte: Elaborazioni da dati in: [www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA\\_projections2001.xls](http://www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA_projections2001.xls)

**Tabella 3 - Valori Mediani delle previsioni probabilistiche della popolazione totale delle 13 zone per gli anni 2035, 2050, 2100 (dati in miliardi).**

Zona	Definizione zona	2000	2035	2050	2100
1	Nord Africa	173,26	280,80	311,40	332,73
2	Africa Sub Sahariana	611,19	1114,97	1319,36	1500,30
3	Nord America	313,67	400,56	422,26	454,22
4	America Latina	515,27	769,89	839,95	934,47
5	Asia Centrale	55,88	89,55	99,81	105,81
6	Medio Oriente	172,12	320,69	368,45	412,74
7	Sud Est Asiatico	1,37	2,10	2,25	1,96
8	Cina e Indocina	1,41	1,62	1,58	1,25
9	Isole del Pacifico, Indonesia e Corea	476,43	666,89	701,59	653,58
10	Australia, Giappone e Nuova Zelanda	149,93	153,61	148,35	122,70
11	Europa Occidentale	455,63	480,75	469,53	391,93
12	Est Europa	121,19	112,86	103,60	74,33
13	Ex Unione Sovietica	235,64	207,80	187,46	141,32

Fonte: Nostre elaborazioni da dati in

[www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA\\_projections2001.xls](http://www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA_projections2001.xls)

#### **4 – IPOTESI SULLE COMPONENTI DEMOGRAFICHE.**

Come già detto, la procedura per ottenere previsioni di popolazione per sesso ed età è possibile se si dispone di: una *popolazione iniziale*, classificata per sesso ed età; una *tavola di mortalità* relativa alla popolazione in oggetto; una *struttura di fecondità* per età; una *struttura di migratorietà* per sesso ed età. Le difficoltà maggiori dipendono dalla scelta, per il periodo futuro, dei livelli più attendibili di tali variabili. Riguardo la mortalità sono credibili percorsi di ulteriore diminuzione e la scelta sta, quindi, nel valutarne la velocità. Diversa è la situazione per la fecondità, che dipende, oltre che dal contesto, anche dalla volontà degli individui, le cui conseguenze sono difficilmente quantificabili. Un discorso simile potrebbe essere ripetuto anche per i movimenti migratori, benché questa componente sia più riconducibile a motivazioni, nella maggior parte dei casi, di ordine economico e sociale.

#### 4.1 – *Le ipotesi sulla mortalità.*

Gli ultimi decenni hanno evidenziato un processo, comune a tutti i paesi sviluppati, di diminuzione dei rischi di morte a tutte le età della vita. In particolare l'elemento di novità che ha caratterizzato gli ultimi decenni è l'aumento della sopravvivenza delle età senili.

Dagli anni '80 in poi, questi fatti si spiegano soprattutto con la fondamentale riduzione della mortalità per malattie cardiovascolari, per neoplasie e per eventi accidentali, mentre sono aumentati i rischi di morte tra i 24 ed i 34 anni, dovuti anche alla comparsa dell'AIDS. All'origine di tutto ciò vi è la diffusione di una nuova cultura sanitaria unita a perfezionamenti nelle capacità terapeutiche: se in un futuro questi fattori andranno via via consolidandosi, avremo ulteriori motivi per accettare l'ipotesi di uno slittamento in avanti dell'età media alla morte.

L'entità e le modalità delle recenti modificazioni in termini di mortalità, suggeriscono si tratti di un fenomeno che nei prossimi anni continuerà ad ampliarsi, seppure in termini più attenuati; in particolare l'ISTAT evidenzia che: "nei prossimi decenni la sopravvivenza degli italiani è destinata ad aumentare pressoché linearmente" (ISTAT, 1997).

Nella predisposizione del modello di previsione è possibile sia mantenere costante la tavola di mortalità riferita alla popolazione studiata per tutto l'arco temporale di previsione, sia ipotizzare, in tale periodo, una sua evoluzione, per non trascurare le recenti tendenze in atto. In questo caso si rende necessario prevedere lo sviluppo futuro della tavola di mortalità di riferimento.

Un modo di procedere per proiettare la tavola di mortalità, ad esempio, è quello di utilizzare modelli matematici parametrici. L'utilizzazione dei modelli parametrici per scopi previsivi avviene in tre fasi: una stima dei parametri, un'estrapolazione dei parametri stessi lungo il periodo di previsione e, infine, l'integrazione dei parametri stimati all'interno della funzione matematica di partenza (Caselli, 1996, 2004). La stima dei

parametri dipenderà dalla capacità di adattamento del modello ai dati osservati. La corretta estrapolazione dei parametri, per il periodo futuro, presuppone la conoscenza dell'interpretazione demografica che ciascun parametro possiede nel modello scelto, così da poter predisporre ipotesi in termini di sopravvivenza, speranza di vita alla nascita, e così via.

#### 4.2 – *Le ipotesi sulla fecondità.*

Un metodo è quello di prevedere la fecondità utilizzando *tecniche di estrapolazione*: in questo approccio l'extrapolazione viene effettuata sulle misure adottate per la rappresentazione del fenomeno (intensità e cadenza, quozienti specifici per età, quozienti per ordine o per parità,...). Tuttavia, per la previsione della fecondità generalmente si usa procedere pensando ad obiettivi da raggiungere nel futuro prossimo. Tali obiettivi possono essere teorici e servono a verificare l'impatto sulla popolazione di una specifica prospettiva: si parla in questo caso di *scenari* (ad esempio, si vuol sapere come potrebbe modificarsi la struttura della popolazione nel caso di una improvvisa e rapida ripresa di natalità); oppure obiettivi a cui l'operatore attribuisce un forte grado di affidabilità, messi a punto dopo un'analisi della storia e della situazione attuale della popolazione in esame: si parla in questo caso di *previsioni*.

Informazioni sulla fecondità attesa possono gettare luce sui futuri comportamenti di fecondità, nonostante la "distanza" tra l'intenzione di avere un figlio e la sua realizzazione possa essere piuttosto marcata. Queste informazioni danno, però, indicazioni importanti al produttore di previsioni, specialmente se utilizzate congiuntamente ad altre informazioni. In particolare, nel caso si disponga di opportune indagini *ad hoc*, nella formulazione degli obiettivi può risultare utile far ricorso ad informazioni sul *numero desiderato di figli delle donne intervistate*.

Le ipotesi relative alla fecondità possono essere formulate sia attraverso un approccio di tipo trasversale che longitudinale. Le ipotesi del primo

tipo, cioè formulate per anni di calendario, sono certamente di più facile interpretazione e semplificano notevolmente l'algoritmo previsivo. Tuttavia, occorre sottolineare un aspetto metodologico che necessariamente condiziona questo tipo di ipotesi: i valori dei parametri risultanti da un'osservazione di tipo trasversale possono essere sia sovrastimati che sottostimati rispetto a quelli di un'osservazione di tipo longitudinale. In particolare, intense modificazioni nel calendario delle nascite tendono a modificare in misura notevole l'andamento degli indicatori di periodo (Santini, 1992). Ad esempio nei paesi sviluppati, il processo di ritardo nell'inizio della vita riproduttiva ha sicuramente ampliato la diminuzione in atto della propensione delle donne ad avere figli. Se l'obiettivo è la previsione in un anno di calendario, pensare ad un'ipotesi evolutiva senza tenere conto degli inconvenienti legati all'ottica osservazionale di periodo, condurrebbe ad una stima dei livelli futuri di fecondità troppo bassa e poco verosimile. Le ipotesi del secondo tipo, cioè predisposte seguendo un approccio di tipo generazionale, permettono invece di tenere meglio in considerazione eventuali mutamenti del calendario riproduttivo (in particolare il fenomeno della posticipazione delle nascite) ed anche di definire ipotesi coerenti in termini di dimensioni medie della discendenza. Ad esempio, l'ISTAT adotta attualmente un modello per generazione ed ordine di nascita (cfr. par. 8.2).

#### 4.3 – *Le ipotesi sulle migrazioni*

Riguardo la migratorietà è noto come tale componente giochi sempre più un ruolo fondamentale nella formazione della struttura per sesso ed età delle popolazioni a livello nazionale, ed in termini anche più significativi a livello locale. Inoltre con l'affermarsi di un regime di decremento naturale della popolazione, legato a livelli di fecondità ben al di sotto del livello di sostituzione delle generazioni, è cresciuta con il tempo l'importanza della componente migratoria come fattore dello

sviluppo demografico. La rilevanza dei flussi migratori cresce al diminuire della scala territoriale di riferimento, tanto che il destino di molte popolazioni locali dipende in misura maggiore dall'evoluzione della componente migratoria, rispetto alla componente naturale. In base al segno, il saldo migratorio, può svolgere la funzione di contrastare il regresso demografico ormai iscritto nelle dinamiche naturali di molte popolazioni, oppure quella di accentuare, velocizzandone i ritmi, i fenomeni di spopolamento ed invecchiamento (Bonaguidi *et al.* 1998).

Nelle *previsioni demografiche nazionali* le migrazioni internazionali vengono generalmente trattate in modo subordinato rispetto alla fecondità ed alla mortalità. Ciò avviene per i seguenti motivi: (a) la scarsa rilevanza quantitativa del fenomeno rispetto alla popolazione di molti paesi; (b) incompletezza e scarsa comparabilità dei dati, per la natura, la pluralità e la diversità delle fonti analizzate; (c) incertezza nella definizione di migrante internazionale; (d) scarsa prevedibilità dei flussi che risentono in maniera più marcata dell'azione di cause congiunturali di ordine economico, sociale e politico; (e) difficoltà di formulare ipotesi sulla dinamica futura delle migrazioni internazionali a causa dei profondi cambiamenti della loro natura, rispetto al passato (Barsotti e Bonaguidi 1999; 2004).

Tuttavia, nonostante si tratti della variabile più soggetta a variazioni improvvise, gli sviluppi demografici recenti ne hanno invece evidenziato l'importanza. Basti pensare all'importanza che il fenomeno acquista nei paesi a sviluppo avanzato per contrastare l'effetto della diminuzione di popolazione economicamente produttiva; o, parimenti, nel processo di sviluppo di molti paesi del Sud del mondo, attraverso le rimesse di natura materiale e immateriale dei migranti.

Accanto alle difficoltà di formulare ipotesi per le migrazioni internazionali, esistono altrettante difficoltà nella formulazione delle ipotesi per le *migrazioni interne*. In questo caso le difficoltà nascono dal fatto che la propensione a muoversi verso o da una determinata area dipende da un insieme complesso di variabili che operano a livello

macro (come le condizioni socio-economiche generali del paese, le caratteristiche specifiche dell'area di provenienza e di destinazione, ecc.) ed a livello micro (le caratteristiche individuali dei potenziali migranti e la fase del loro ciclo di vita individuale o familiare) (Barsotti e Bonaguidi, 1999; 2004).

Per queste ragioni, molti lavori previsivi si limitano a considerare solo il movimento naturale (nascite e decessi). Tuttavia, qualche congettura sul possibile sviluppo della componente migratoria (interna o internazionale) può essere fatta, attraverso *ipotesi semplici* come uno sviluppo simile a quello sperimentato nel recente passato (Rossi, 1997). Inoltre, per ragioni di cautela, quando si fanno previsioni con le migrazioni è generalmente opportuno presentare un'ipotesi alternativa a migrazioni nulle, per *cautelarsi rispetto ad un grado di incertezza molto elevato*.

## **5 - LE PREVISIONI DERIVATE**

Se lo scopo del lavoro è la realizzazione di previsioni che permettano di suddividere la popolazione proiettata secondo determinate categorie o gruppi, si parla in questo caso di *previsioni derivate*.

Ad esempio, il fine può essere quello di disporre di previsioni relative alla popolazione attiva, alle famiglie (in termini di numerosità ampiezza e tipologia), agli studenti che frequenteranno i diversi corsi scolastici, alla popolazione che avrà bisogno di assistenza medica per classi di età, e così via. Quindi, è facile capire come questo tipo di previsioni siano di indubbia rilevanza, soprattutto a fini operativi di interventi mirati.

Le previsioni derivate possono essere distinte in due tipologie: *modelli statici* e *modelli dinamici*.

### *5.1 - I modelli statici*

I modelli statici lavorano sulla popolazione prevista attraverso un procedimento indipendente di previsioni, utilizzando, *ulteriori variabili*

d'analisi. Ad esempio, per ottenere gli studenti che frequenteranno i diversi anni scolastici si tratta di moltiplicare la popolazione in età scolare prevista per i tassi di scolarità previsti; la previsione della popolazione attiva viene effettuata moltiplicando la popolazione in età lavorativa (in genere tra 15 e 65 anni) prevista per i tassi di attività previsti; ecc.

Trattiamo più in dettaglio il caso della previsione del numero delle famiglie, che viene spesso effettuata attraverso l'*headship rate method* (il *metodo del capo-famiglia*). Questo consiste, una volta calcolata la popolazione futura per sesso ed età, nell'applicare alle singole classi i tassi specifici per sesso ed età di prevalenza di capi-famiglia previsti, in modo tale da ottenere, per l'anno desiderato, una stima dei capi-famiglia e, quindi, indirettamente anche una stima del numero delle famiglie.

Analiticamente, la *propensione ad essere capo-famiglia per età e sesso*, è data da:

$$h_{x;s} = \frac{CF_{x;s}}{P_{x;s}} \quad (21)$$

dove  $CF_{x;s}$  rappresenta il numero di capi-famiglia di età  $x$  e sesso  $s$  e  $P_{x;s}$  la popolazione di età  $x$  e sesso  $s$ . Sulla base dell'analisi delle recenti tendenze andranno previste delle propensioni future,  $h_{x;s}^{t+5}$ , che utilizzeremo poi per ottenere i capi-famiglia al tempo  $t+5$ :

$$CF_{x;s}^{t+5} = h_{x;s}^{t+5} \times P_{x;s}^{t+5} \quad (22)$$

L'inconveniente principale di un approccio di tipo statico è il tralasciare completamente le dinamiche interne del fenomeno studiato, analizzando

unicamente i risultati finali delle previsioni in termini di *stock*: il tasso di incidenza dei capi-famiglia potrebbe essere modificato nel futuro dai cambiamenti in corso nelle dinamiche delle famiglie, come i primi matrimoni, i divorzi, i matrimoni tra persone già sposate, le scelte di convivenza o di vita come single, ecc.

## 5.2 - I modelli dinamici

Esistono, poi, *modelli dinamici* che permettono di ricavare previsioni derivate in modo meno approssimativo, cercando di tenere in considerazione il problema della previsione dei flussi che modificano l'ammontare e la composizione della popolazione oggetto di previsione.

Specificamente, i modelli dinamici, possono essere divisi in **modelli macro** (Bongaarts *et al.*, 1987) e **modelli micro** (Watcher, 1987).

I **modelli macro** sono i più usati perché i dati necessari per la loro implementazione sono di più facile reperibilità. I dati di riferimento sono di tipo aggregato: gruppi di individui con le stesse caratteristiche (ad esempio sesso, età e stato civile).

Un'evoluzione del metodo *cohort component* rientra in questa classe di modelli: oltre a fecondità, mortalità e migratorietà, si dovrà tener conto anche delle variabili specifiche che modificano la popolazione derivata. Ad esempio, nella previsione delle famiglie, è necessario integrare l'algoritmo di previsione almeno con la variabile *stato civile*, che permette di analizzare due componenti determinanti nei processi di formazione o scioglimento di una famiglia: *nuzialità e divorzialità*.

Altri modelli di tipo macro rientrano nella classe dei *modelli multistato* e fanno riferimento alla teoria dei processi markoviani (Rogers, 1986).

I **modelli micro** richiedono dati molto dettagliati, poiché l'obiettivo è la stima delle probabilità di transizione da uno *stato* all'altro (ad esempio da sposato a divorziato). E', quindi, necessario poter disporre di dati riferibili alle *biografie* individuali, in modo da stimare le funzioni di rischio tramite, ad esempio, la variabile "tempo trascorso nello stato A

prima di passare allo stato B". Stimate queste probabilità dovranno, poi, essere applicate alla storia di *ciascun* individuo della popolazione di partenza, così da poterne *simulare* un possibile futuro.

Il maggior pregio di questo approccio sta nella possibilità di aumentare a piacimento il numero di variabili che si vuole prendere in considerazione per ogni individuo, senza complicare il modello previsivo (come invece avviene nei modelli macro).

Tuttavia, oltre alle difficoltà di reperimento dei dati di input, si aggiunge la complessità computazionale dell'algoritmo previsivo che dovrà essere generato; inoltre ognuno di questi svantaggi aumenta all'aumentare del numero di *stati* presi in considerazione.

## **6 - LE PREVISIONI SUBNAZIONALI**

Abbiamo già anticipato che, sempre in misura maggiore, sono richieste previsioni su *scala locale*, che necessitano di dati *ad hoc* e di particolari cautele in fase di analisi.

Il procedimento più utilizzato, per ottenere *previsioni subnazionali*, è denominato **top-down**: una volta ottenute le previsioni nazionali<sup>13</sup>, ossia di livello aggregato superiore, si adattano le ipotesi predisposte alle tendenze che caratterizzano le sub-aree di analisi, sotto precisi vincoli di coerenza.

Questo tipo di approccio è il più pratico e non comporta particolari pressioni o responsabilità sull'operatore di previsioni subnazionali, che dovrà solo adattare le ipotesi già predisposte a livello nazionale, all'area di interesse. I principali paesi che utilizzano l'approccio *top-down* sono Stati Uniti, Paesi Bassi, Francia e Germania.

Tuttavia, quando si fa riferimento a nazioni caratterizzate da un'estrema variabilità territoriale e demografica, l'*area di partenza* è una variabile

---

<sup>13</sup> Per *nazionale* si intende un ambito territoriale formato da più aree: si può far riferimento all'Italia ed alle regioni che la costituiscono, ma analogo aggettivo può essere riferito, per esempio, ad una regione ed ai relativi comuni (considerati come aree).

che spiega quasi completamente l'andamento dei parametri di mortalità e fecondità nazionali. In questo caso, per rispettare le peculiarità di ogni regione, vengono prodotte inizialmente le previsioni per ogni singola area e solo successivamente quelle nazionali.

Se, come in questo caso, i risultati delle *previsioni subnazionali* vengono sommati per ottenere quelli nazionali, si parla di approccio **bottom-up**; questo modo di procedere ha il pregio di rendere possibile la predisposizione di *ipotesi evolutive autonome per ciascuna regione*. Sottolineiamo come tali *previsioni subnazionali a valenza nazionale* si riferiscano, generalmente, a scale territoriali *significativamente ampie*, che consentono una disponibilità di dati analoga a quella nazionale.

Il principale difetto della mancata produzione di *previsioni nazionali autonome*, risiede nella fortissima responsabilità dell'operatore, nella fase di definizione del quadro evolutivo delle ipotesi di ciascuna area poiché, di fatto, tali ipotesi hanno valenza anche nazionale.

Concludendo la differenza di fondo tra i due tipi di approccio sta nella diversa rilevanza dell'*area di riferimento* come variabile oggetto d'analisi: nelle previsioni *bottom-up* è una variabile *indispensabile all'analisi delle componenti* della dinamica demografica, mentre nelle previsioni *top-down* diventa una *variabile di tabulazione dei risultati*, perdendo la valenza di *variabile discriminante* dei comportamenti demografici (Terra Abrami, 1998).

## **7 - ATTENDIBILITÀ E ACCURATEZZA DI UNA PREVISIONE**

Torniamo sulla distinzione tra *proiezioni* e *previsioni*. La qualità delle *proiezioni* è determinata dalla loro *validità interna*, cioè dalla coerenza che nel modello hanno le relazioni matematiche tra le variabili demografiche. La qualità delle *previsioni*, invece, deve essere determinata da una *validità esterna*, cioè diventa necessario, oltre ad un modello concettualmente solido, anche un riscontro effettivo delle previsioni nel futuro (Preston, Heuveline e Guillot, 2001).

La coerenza interna del modello di previsione e l'attendibilità delle ipotesi può essere valutata solo a posteriori, cioè appena si rende possibile il confronto tra i dati previsti e quelli osservati per lo stesso anno.

Occorre fare una distinzione tra i termini *accuratezza* ed *incertezza*: l'*accuratezza* si riferisce alla precisione della previsione e si misura ex-post come scostamento tra il valore osservato e quello previsto; invece l'*incertezza* si riferisce alla capacità di prevedere.

Risulta di indubbia difficoltà sintetizzare in pochi indicatori l'*accuratezza* di una previsione, poiché i risultati che otteniamo sono numerosi e riguardano dati per sesso e per almeno 20 classi quinquennali di età, che vanno poi confrontati con i valori *veri*.

Diverse possono essere le cause dello scostamento del valore previsto dal valore reale: l'imprecisione della registrazione degli eventi demografici (nascite, decessi, migrazioni) e delle rilevazioni censuarie (che comportano errori sia nella stima della popolazione iniziale, sia nelle serie storiche dei parametri su cui si formulano ipotesi); cambiamenti sociali, culturali e politici che possono avvenire durante il periodo di previsione; la non accuratezza delle rilevazioni campionarie che servono come base per la stima di indicatori e parametri; la specificazione di modelli errati che non si adattano bene ai dati; l'arco temporale eccessivamente lungo stabilito per le previsioni; l'arco di tempo troppo breve per lo studio dei trends (naturalmente serie più lunghe influiscono positivamente sulla qualità).

La più immediata e semplice misura della qualità di una previsione al tempo  $t$  è data dal calcolo dell'*errore relativo* commesso:

$$E = \frac{P(t) - P^P(t)}{P(t) - P(0)} \quad (23)$$

dove  $P(t)$  e  $P(0)$  sono le popolazioni reali rispettivamente al tempo  $t$  ed al tempo 0 (*anno base*), mentre  $P^P(t)$  è la popolazione prevista al tempo

t. Questo tipo di indicatore si usa nel caso che l'errore risenta della grandezza della variabile (nel caso, ad esempio, di ammontare totale della popolazione, dimensione di un sottogruppo, ecc.).

Un ulteriore indicatore sintetico dell'*accuratezza* delle previsioni è dato dal confronto tra il tasso annuo attuale di crescita della popolazione e quello calcolato sulla popolazione prevista:

$$\varepsilon = \bar{r}^P[0,t] - \bar{r}[0,t] = \frac{\ln\left(\frac{P^P(t)}{P(t)}\right)}{t} \quad (24)$$

Qualora si disponga di un set di N previsioni, possono essere utilizzate diverse misure di sintesi dell'errore:

$$MPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P^P_i(t) - P_i(t)}{P_i(t)} \times 100 \quad (25)$$

*(Mean Percentage Error - Errore Percentuale Medio)*

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P^P_i(t) - P_i(t)| \quad (26)$$

*(Mean Absolut Error - Errore Assoluto Medio)*

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P^P_i(t) - P_i(t)|}{P_i(t)} \times 100 \quad (27)$$

*(Mean Absolut Percentage Error - Errore Percentuale Medio Assoluto)*

$$RMPSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{P^P_i(t) - P_i(t)}{P_i(t)} \right)^2} \times 100 \quad (28)$$

*(Rout Mean Percentage Square Error - Errore Quadratico Medio Percentuale)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P^P_i(t) - P_i(t))^2} \quad (29)$$

(Rout Mean Square Error - Errore Quadratico Medio)

$$RMSE_{normalized\ standardized} = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P^P_i(t) - P_i(t))^2}{\sum_{i=1}^t P_i(t)}} \quad (30)$$

(Errore Quadratico Medio Standardizzato)

Può capitare che si voglia comparare i risultati ottenuti dalle proprie previsioni con quelli di una previsione alternativa, generalmente più semplice. In questo caso, se definiamo  $A(t)$  una stima alternativa della popolazione, ottenuta con un metodo meno complesso, che non richiede particolari elaborazioni o interpretazioni sui parametri, è possibile calcolare l'indice  $U$ :

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P^P_i(t) - P_i(t))^2}{\sum_{i=1}^N (A_i(t) - P_i(t))^2}} \quad (31)$$

Utilizzando questo indice si possono anche confrontare modelli completamente diversi nella metodologia di calcolo, oltre che nel metodo di estrapolazione dei parametri.

In generale, la differenza fondamentale, in termini di valutazione dei risultati, tra i metodi di previsione *classici* e quelli *demografici* risiede nel fatto che, per questi ultimi, non si forniscono abitualmente *intervalli di confidenza* atti a valutare il grado di *incertezza*<sup>14</sup> della stima. Un

---

<sup>14</sup> Le definizioni teoriche dei termini *accuratezza* ed *incertezza* sono diverse: l'*accuratezza* si riferisce alla precisione della previsione e si misura ex-post come di

modo per superare questo inconveniente è fornito dalla preparazione di diversi *scenari* per il futuro, che rappresentino un ventaglio di possibili risultati. Il confronto tra i diversi scenari permette di cogliere quali effetti potranno avere sulla struttura per sesso ed età della popolazione prevista le diverse componenti dei processi demografici. La probabilità di realizzazione dei diversi scenari dovrebbe essere indicata espressamente da chi effettua le previsioni, sulla base dell'esperienza e di altre valutazioni, sempre di natura soggettiva. La critica maggiore, che solitamente viene sollevata, attiene al giudizio puramente soggettivo del "produttore" di previsioni, nel momento della formulazione delle ipotesi sui parametri demografici. Stabilita l'impossibilità di garantire l'oggettività della verosimiglianza di uno scenario rispetto ad un altro, la previsione migliore sarà quella supportata dalla più accurata analisi della popolazione nel passato e dalle migliori valutazioni sulla plausibilità delle relative ipotesi di previsione (Terra Abrami 1998).

In conclusione, sottolineiamo come sia di indubbia rilevanza confrontare ciò che si è previsto con ciò che è effettivamente avvenuto: l'ammontare ed il segno degli errori che si sono commessi nella previsione delle varie componenti della popolazione illumina sulla causa che può averli generati, e può costituire un'utile guida nella predisposizione di nuove previsioni (Livi Bacci, 1999).

## **8 - ESEMPI DI PREVISIONI E PROIEZIONI DEMOGRAFICHE.**

### **8.1 - Le proiezioni delle Nazioni Unite.**

#### *8.1.1 - Introduzione*

A livello mondiale uno degli istituti più importanti che fornisce previsioni demografiche è senza dubbio il Settore Popolazione delle

---

scostamento tra il valore osservato e quello previsto; invece *l'incertezza* si riferisce alla capacità di prevedere con accuratezza.

Nazioni Unite. Questo organismo è responsabile del monitoraggio e della valutazione dei cambiamenti quantitativi della popolazione di una vasta gamma di aree. Le proiezioni dell'ONU sono costruite secondo tre diverse varianti (alta, media e bassa), che si differenziano fra loro a seconda dello sviluppo che si assume per la fecondità ([http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/WPP2004-HIGHLIGHTS\\_Final.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/WPP2004-HIGHLIGHTS_Final.pdf)).

Ogni due anni vengono riviste le ipotesi e, di conseguenza, aggiornate le stime della popolazione mondiale per un periodo di previsione che arriva al 2050: l'ultima disponibile, la diciannovesima a partire dal 1950, corrisponde alla revisione effettuata nel 2004.

Con i mutamenti legati all'acquisizione di nuovi dati, le serie di ipotesi alla base delle diverse revisioni che si sono succedute nel tempo sono comunque tutte divise in tre categorie: "variante" alta, media e bassa, a seconda degli andamenti previsti per la fecondità, oltre ad una quarta variante caratterizzata dalla fecondità costante.

I risultati di questo aggiornamento confermano la varietà delle dinamiche demografiche dei nostri tempi: il livello della popolazione mondiale continua ad aumentare, a causa essenzialmente delle tendenze che si registrano nei paesi in via di sviluppo (Pvs), essendo di modesta entità quelle della popolazione delle regioni più sviluppate.

I modelli di crescita propongono diversi sviluppi della mortalità e della fecondità. Per i paesi più sviluppati (Ps) il riferimento è a un livello di fecondità che si colloca sotto il livello di rimpiazzo (che, com'è noto, si fa corrispondere a 2,1 figli per donna) e ci si aspetta che rimarrà tale per tutto il periodo di previsione.

Per i paesi meno sviluppati, nella maggior parte, si constata che la fecondità si è mantenuta ad un livello ancora molto alto (questo gruppo conta, ad oggi, 50 paesi, molti dei quali dell'Africa centrale, alcuni stati dell'Asia Minore, della penisola indocinese, e alcune isole del America Centrale e del Pacifico) e, anche se un suo declino è prevedibile, si ritiene che resterà su livelli maggiori rispetto al resto del mondo. Negli

altri paesi in via di sviluppo il livello della fecondità è in declino già dalla fine del 1960, e ci si aspetta che andrà sotto il livello di sostituzione generazionale entro il 2050.

Per quanto attiene alla mortalità, nei paesi sviluppati e con un'economia stabile i suoi livelli sono molto bassi e, pur continuando nel suo ormai lento declino, rimane sostanzialmente costante; al contrario, nei paesi con un'economia in transizione essa aumenta, come conseguenza del deterioramento delle condizioni sociali ed economiche.

#### *8.1.2 - Le tendenze recenti e le ipotesi evolutive delle componenti di proiezione: fecondità, mortalità, migrazione.*

Partiamo dalle ipotesi relative alla **fecondità**. Secondo la revisione 2004, il tasso di fecondità totale, TFT, (cioè il numero medio di figli per donna di una generazione ipotetica che sperimenti nell'arco della vita tassi specifici per età uguali a quelli delle donne contemporanee, osservate nell'anno considerato, in assenza di mortalità) a livello mondiale era 2.65 nel 2000-2005. Questa media risulta dal combinarsi di esperienze molto diverse per i vari paesi. Nel 2000-2005, 65 paesi o aree (43 dei quali collocati nelle regioni più sviluppate), sperimentavano livelli di fecondità intorno alla sostituzione generazionale, mentre 127 (di cui 122 collocati nelle regioni in via di sviluppo) presentavano livelli superiori ai 2,1 figli per donna. Tra questi ultimi, 35 avevano un TFT di almeno 5 figli per donna: si tratta in maggioranza, come ben si comprende, dei paesi classificati come i meno sviluppati.

Nel 2005, i 65 paesi con TFT sotto il livello di rimpiazzo rappresentano il 43% della popolazione (2.8 miliardi di persone), mentre i paesi con tasso di fecondità maggiore del livello di rimpiazzo sono pari al 57% (3.6 miliardi di abitanti). Si prevede che i paesi con il livello di fecondità al di sotto del rimpiazzo, nel 2050 avranno una popolazione di poco maggiore di quella presente oggi (2.9 miliardi di persone). Al contrario, i paesi con fecondità maggiore del valore di rimpiazzo subiranno un notevole

aumento di popolazione: raggiungeranno, infatti, i 6.1 miliardi nel 2050, comprendendo il 68% della popolazione mondiale.

**Tabella 4 - Tasso di fecondità totale stimato e previsto nelle diverse aree del mondo secondo le diverse varianti di fecondità.**

AREE	tasso di fecondità totale					
	1970-1975	2000-2005	2045-2050			
			basso	medio	alto	costante
Mondo	4,49	2,65	1,56	2,05	2,53	2,50
Paesi sviluppati	2,12	1,56	1,34	1,84	2,34	1,67
Paesi in via di sviluppo	5,44	2,90	1,59	2,07	2,56	3,69
Paesi meno sviluppati	6,61	5,02	2,08	2,57	3,05	5,56
Altri Paesi in via di sviluppo	5,28	2,58	1,42	1,92	2,41	3,06
Africa	6,72	4,97	2,03	2,52	3,00	5,50
Asia	5,08	2,47	1,42	1,91	2,41	2,98
Europa	2,16	1,40	1,33	1,83	2,33	1,45
America Latina	5,05	2,55	1,36	1,86	2,36	2,69
Nord America	2,01	1,99	1,35	1,85	2,35	1,99
Oceania	3,23	2,32	1,42	1,92	2,42	2,72

Fonte: United Nation (2005), "World population prospects, The 2004 revision"

Secondo la variante media, il tasso di fecondità totale nel quinquennio 2045-2050 sarà di 2,05 figli per donna a livello mondiale (vedi tabella 4), corrispondente ad una media di 1,84 figli per donna per i Paesi sviluppati (Ps) e 2.07 figli per donna nei Paesi in via di sviluppo (Pvs).

Questa differenza tra Ps e Pvs permane in tutte le varianti: in quella bassa è previsto un TFT pari a 1.34 per i Ps e pari a 1.59 nei Pvs. Nella variante alta, il livello di fecondità totale sarà di 2.34 nei paesi sviluppati e 2.56 in quelli poco sviluppati.

Veniamo alle assunzioni relative all'evoluzione della **mortalità**. Il ventesimo secolo ha subito il più grande e rapido declino della mortalità della storia. Nel 1950-1955, la speranza di vita alla nascita a livello mondiale era di 46 anni, e ha raggiunto i 65 anni nel 2000-2005. Nei prossimi 45 anni, si prevede che questo parametro aumenterà fino a toccare i 75 anni nel 2045-2050 (vedi tabella 5). I paesi più sviluppati

avevano già nel 1950-1955 un'alta aspettativa di vita alla nascita (66 anni) e hanno sperimentato, negli anni successivi, livelli sempre crescenti. Nel 2000-2005, in questi paesi,  $e_0$  è stata stimata pari a 74,6 anni, 12 anni in più di quella stimata nei paesi meno sviluppati (62,8 anni). Benché si preveda che il gap fra i due gruppi di paesi diminuisca tra il 2005 e il 2050, in quest'ultimo periodo i Ps continueranno a mantenere una speranza di vita alla nascita ancora molto superiore a quella dei Pvs (81,7 anni contro 73,6 anni).

**Tabella 5 - Speranza di vita alla nascita nelle diverse aree del mondo**

AREE	2000-2005	2045-2050
Mondo	64,7	74,7
Ps	74,6	81,7
Pvs	62,8	73,6
Pms	49,9	66,1
Altri Pvs	65,7	76,1
Africa	48,8	65,3
Asia	67	77,1
Europa	73,3	80,4
America Latina	71	79,4
Nord America	77,4	82,6
Oceania	74	81,2

Fonte: United Nation (2005), "World population prospects, The 2004 revision"

Infine passiamo alle ipotesi relative alle migrazioni. Le stime del saldo migratorio fra le maggiori aree a differente sviluppo mostrano che dal 1960 i paesi più sviluppati hanno avuto un apporto netto di migranti provenienti dalle regioni meno sviluppate sempre crescente. Durante il periodo di previsione, si assume che le migrazioni verso i Ps avranno cambiamenti lievi fino a stabilizzarsi al livello di 2.1 milioni l'anno dal 2010 in avanti. Ancora una volta sottolineiamo che la stima delle migrazioni rappresenta la componente più aleatoria di questi scenari, perchè *riflettono semplicemente il prolungamento, per inerzia, dei recenti livelli del saldo migratorio.*

Come si è già anticipato, le ipotesi degli scenari delle Nazioni Unite differiscono per quanto riguarda le tendenze attuali sulla fecondità.

Si tratta, ovviamente, di ipotesi differenziate a seconda del tipo di paese.

In particolare si distinguono:

- Paesi ad alta fecondità: quelli che fino al 2005 non hanno fatto registrare alcun declino di fecondità o che si trovano solo all'inizio del processo di transizione.

- Paesi a fecondità media: quelli in cui la fecondità è andata diminuendo pur conservando livelli ancora al di sopra della sostituzione generazionale.

- Paesi a bassa fecondità: quelli in cui la fecondità nel 2000-2005 è al di sotto di 2.1 figli per donna.

Nella variante media in tutti i paesi il TFT è ipotizzato convergere verso il livello di 1,85 figli per donna. Però non tutti i paesi raggiungono questo obiettivo durante il periodo di previsione, che si protrae fino al 2050. Il principio base della proiezione della fecondità è lo stesso per tutti i paesi, ma la procedura cambia leggermente a seconda che essi abbiano livelli di fecondità maggiori o minori di 1.85 figli per donna nel 2000-2005.

Nella variante alta, la fecondità è proiettata in modo da rimanere di 0,5 figli per donna sopra la fecondità prevista dalla variante media per la maggior parte del periodo. Nel 2045-2050, la fecondità della variante alta è perciò  $\frac{1}{2}$  figlio più alta della variante media. Cioè, i paesi che hanno raggiunto un TFT di 1,85 nella variante media hanno un TFT di 2,35 nella variante alta alla fine del periodo di proiezione.

Nell'ipotesi bassa, la fecondità è proiettata in modo da rimanere di 0,5 figli per donna al di sotto della fecondità prevista dalla variante media per la maggior parte del periodo di proiezione. Nel 2045-2050, la fecondità nella variante bassa è perciò di  $\frac{1}{2}$  figlio più bassa della variante media. Cioè, i paesi che hanno raggiunto un TFT di 1,85 nella variante media hanno un TFT di 1,35 nella variante bassa alla fine del periodo di proiezione.

Nell'ipotesi di fecondità costante, per ogni paese, la fecondità rimane costante al livello stimato per il 1995-2000.

Quanto alle Ipotesi di mortalità, sono previsti incrementi della speranza di vita alla nascita eccetto per quei paesi ad alta incidenza del virus HIV/AIDS, nei quali le stime dell'impatto della malattia sono fatte proiettando la precedente incidenza dell'infezione (Unaid Reference Group on Estimates, Modelling and Projections, 2002, vol.16).

### 8.1.3 - Le tendenze della popolazione mondiale

La popolazione mondiale ha raggiunto i 6.5 miliardi di persone, 5.3 dei quali (pari all'81.5%) vive nei Pvs (vedi tabella 6).

**Tabella 6 - Popolazione prevista nelle diverse aree del mondo secondo le quattro differenti varianti della fecondità**

AREE	popolazione (in milioni)			popolazione nel 2050 (in milioni)			
	1950	1975	2005	basso	medio	alto	costante
Mondo	2.519	4.074	6.465	7.680	9.076	10.646	11.658
Ps	813	1.047	1.211	1.057	1.236	1.440	1.195
Pvs	1.707	3.027	5.253	6.622	7.840	9.206	10.463
Pms	201	356	759	1.497	1.735	1.994	2.744
altri Pvs	1.506	2.671	4.494	5.126	6.104	7.213	7.719
Africa	224	416	906	1.666	1.937	2.228	3.100
Asia	1.396	2.395	3.905	4.388	5.217	6.161	6.487
Europa	547	676	728	557	653	764	606
America Latina	167	322	561	653	783	930	957
Nord America	172	243	331	375	438	509	454
Oceania	13	21	33	41	48	55	55

Fonte: United Nation (2005), "World population prospects, The 2004 revision"

Secondo la variante media, la popolazione mondiale al 2050 raggiungerà i 9.1 miliardi di persone, 2.6 miliardi in più rispetto al 2005, un incremento equivalente alla popolazione odierna di India e Cina. In questa ipotesi, fra il 2005 e il 2050, la popolazione dei Ps rimarrà pressoché stabile intorno ai 1.2 miliardi di unità, mentre quella dei Pvs arriverà a superare i 7.8 miliardi dai 5.2 del 2005. Conseguentemente,

nel 2050 l'86% della popolazione mondiale vivrà nei Pvs. Questa evoluzione è fondamentalmente il prodotto dei livelli di fecondità correnti e attesi per il futuro. Se il livello di fecondità rimanesse costante al livello attuale, la popolazione mondiale sarebbe almeno il doppio nel 2050 rispetto al livello attuale, raggiungendo gli 11.6 miliardi. Nella variante alta, dove la fecondità è ipotizzata di circa mezzo figlio per donna maggiore della variante media, la popolazione mondiale raggiungerebbe i 10.6 miliardi.

Nella variante bassa, dove la fecondità è assunta essere di circa mezzo figlio per donna minore della variante media, la popolazione crescerà comunque, ma conterà 7.7 miliardi di persone nel 2050. Naturalmente il declino della fecondità non investe simultaneamente tutti i paesi e gli incrementi della popolazione si differenziano considerevolmente.

Così, mentre la popolazione dei paesi sviluppati sta crescendo ad un tasso annuale dello 0,3%, quella dei Pvs sta crescendo almeno cinque volte più velocemente, con un tasso annuo pari all'1,4%, e quella dei paesi meno sviluppati del 2,4%. Queste differenze persisteranno fino al 2050.

La principale conseguenza demografica del declino della fecondità, specialmente se associato con l'aumento di  $e_0$ , è l'invecchiamento della popolazione. Nel 1950, solo l'8% della popolazione mondiale aveva un'età superiore ai 60 anni. Nel 2005 questa proporzione è cresciuta al 10% ed è previsto che aumenterà fino a raggiungere una cifra di oltre due volte superiore nei prossimi 45 anni, raggiungendo il 22% nel 2050. In totale, il numero di persone anziane (di età maggiore di 60 anni) quasi triplicherà, aumentando da 673 milioni in 2005 a circa 2 miliardi nel 2050.

Di contro il numero dei bambini (di età compresa tra 0 e 14 anni), passerà, in poco più di 45 anni, da 1,82 miliardi a 1,83 miliardi, e la percentuale sulla popolazione totale scenderà dal 28% al 20%.

Riassumiamo brevemente i risultati principali della Revisione 2004 delle proiezioni delle Nazioni Unite:

- Oggi il 95% della crescita della popolazione è imputabile ai paesi in via di sviluppo (Pvs), e solo il 5% ai paesi sviluppati (Ps). Nel 2050 la popolazione nei paesi più sviluppati subirà, nell'insieme, un lento declino di circa un milione di persone l'anno, quella dei Pvs aumenterà di 35 milioni l'anno, dei quali 22 milioni sono attribuibili ai paesi meno sviluppati (Pms).
- A causa del basso e decrescente tasso di crescita, la popolazione dei Ps rimarrà pressoché sugli stessi livelli fra il 2005 e 2050, di circa 1.2 miliardi.
- Otto paesi concorrono al 50% di quello che sarà l'incremento totale della popolazione mondiale: India, Pakistan, Nigeria, Repubblica Democratica del Congo, Bangladesh, U.S.A., Etiopia e Cina, in ordine decrescente.
- La prima conseguenza del declino della fecondità, combinata con gli aumenti di  $e_0$ , è l'invecchiamento della popolazione, per cui il numero degli anziani aumenterà rispetto a quello dei giovani: ci si aspetta che gli over 60 triplicheranno, passando da 672 miliardi nel 2005 a quasi 1.9 miliardi nel 2050. Mentre, ad oggi, sei anziani su dieci vivono nei Ps, nel 2050 saranno otto su dieci. Un ancor più marcato divario si avrà considerando la popolazione over 80: dagli 86 milioni del 2005 si passerà ai 394 milioni del 2050. Nei Pvs si passerà dai 42 milioni di oggi ai 278 milioni del 2050.
- Durante l'intervallo di previsione 2005-2050, il saldo migratorio internazionale aumenterà fino a raggiungere i 98 milioni, con un incremento medio di 2.2 milioni l'anno. Lo stesso numero di persone abbandonerà i Pms, cifra che rappresenta poco meno del 4% dell'aumento di popolazione previsto.
- In termini di medie annuali, i paesi che avranno il saldo migratorio (immigrati-emigrati) positivo maggiore saranno: USA (1.1 milioni), Germania (204.000), Canada (201.000), U.K.(133.000), Italia (120.000) e Australia (100.000).

## **8.2 – Le previsioni ISTAT.**

### 8.2.1 – *Cenni storici*

L'Italia ha una lunga tradizione in fatto di previsioni demografiche. Fra le prime elaborazioni sull'ammontare futuro della popolazione, si ricordano quelle effettuate da Gini e De Finetti (1931) e quelle elaborate al fine di valutare l'impatto dei conflitti bellici sulla dimensione e la struttura della popolazione ed effettuate da Boldrini (1937). In un articolo che appare su *Genus* nel 1938, Miani Calabrese sottolineava, attraverso una serie di indici sintetici, le differenze fra popolazione ottenuta "a calcolo" e popolazione rilevata al censimento.

Le esperienze più recenti riguardano sia le previsioni fatte dall'IRP (Golini et al., 1989 e 1995), che configurano piuttosto scenari di popolazione da valutarsi a partire da ipotesi differenziate (varianti alta, media e bassa) sui movimenti demografici, sia, ed in maniera pressoché periodica, quelle effettuate dall'ISTAT: con base 1.1.1988 (Istat, 1989), e con base 1.1.1996 (Istat, 1997), fino alle ultime, con base 1.1.2001, che verranno descritte con un certo dettaglio in questa sede, riprendendo quanto appare nel sito dell'Istituto. In futuro è previsto di effettuare previsioni con base 1.1.2005, valutando opportunamente le ipotesi. L'interesse delle previsioni demografiche (e gli obiettivi operativi connessi) sono illustrati da quanto appare nell'Introduzione al volume "Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione dal 1.1.2001 al 1.1.2051" (Marsili e Sorvillo, 2002), dove si legge *"Nel campo dei modelli di sviluppo della popolazione si è accresciuta negli ultimi anni la domanda di previsioni demografiche, sempre più necessariamente articolate secondo componenti strutturali – come il sesso e l'età – e territoriali. La necessità che ha un paese di pianificare gli interventi in settori strategici, come ad esempio il sistema pensionistico o quello sanitario, si è fatta molto pressante in paesi che, come il nostro, debbono fronteggiare il problema dell'invecchiamento della popolazione. Data l'importanza e la complessità che*

*assume la questione, i projection makers si trovano nella condizione di dover rilasciare agli utenti strumenti decisionali affidabili e accurati circa il futuro della popolazione, sia si tratti di fornire dati puntuali sia si tratti di produrre stime per intervallo. Reiterando una tradizione ormai consolidata, l'Istituto Nazionale di Statistica risponde nuovamente a questo impegno avendo predisposto le nuove previsioni della popolazione italiana e delle sue regioni. Il nuovo set di previsioni copre il periodo che va dal 1° gennaio 2001 al 1° gennaio 2051 e sostituisce le previsioni realizzate cinque anni fa, per le quali la base d'avvio era fissata al 1° gennaio 1996. La scelta impegnativa di fornire stime a livello regionale si motiva non solo con la grande variabilità territoriale che caratterizza i comportamenti demografici del nostro paese, ma anche con la necessità di garantire agli enti locali, e in generale a tutti operatori che programmano interventi sul territorio, la stessa qualità delle informazioni che si ottengono a livello nazionale”.*

#### 8.2.2 – *Le previsioni regionali della popolazione residente 1.1.2001-1.1.2051*<sup>15</sup>

##### *Cenni metodologici*

La popolazione utilizzata come base per le elaborazioni è quella delle stime regionali al 1.1.2001. Le previsioni riprendono l'impianto metodologico adottato in occasione delle precedenti previsioni con base 1.1.2000, sia nella qualificazione territoriale (comprendente le 19 regioni e le due province autonome di Trento e Bolzano), sia nell'approccio seguito (di tipo cohort-component), sia per la scelta delle componenti demografiche considerate: fecondità, mortalità, migrazioni interne e con l'estero. Lo slittamento di un anno della base delle previsioni è stato effettuato alla luce della disponibilità della struttura per età regionale al 1.1.2001. Di nuovo si aggiungono le elaborazioni relative agli altri due scenari previsivi, oltre a quello centrale, e cioè

---

<sup>15</sup> Tratto da Marco Marsili e Maria Pia Sorvillo – ISTAT, in:  
LE PREVISIONI REGIONALI DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE 1.1.2001-1.1.2051;  
<http://demo.istat.it/prev/note.html>

l'ipotesi bassa e l'ipotesi alta. Si segnala, infine, che eventuali disparità riscontrabili tra la somma dei dati regionali e quelli relativi all'Italia nel complesso, ovvero a quelli relativi alle ripartizioni geografiche, sono dovute alle procedure di arrotondamento.

### *L'ipotesi centrale*

Nell'ipotesi centrale i modelli adottati per sviluppare l'evoluzione futura delle componenti demografiche sono stati mantenuti identici a quelli della precedente tornata di previsioni. In particolare, per le previsioni della mortalità si è fatto riferimento al modello di Lee-Carter, di tipo età periodo, particolarmente valido in termini di parsimoniosità e precisione. Le ipotesi evolutive sono di un ulteriore miglioramento dei livelli di sopravvivenza sia per gli uomini sia per le donne, che si realizzano secondo gli andamenti specifici di ciascuna regione fino al 2030. In seguito, si ipotizza uno scenario di costanza dei livelli di sopravvivenza raggiunti.

Per quanto riguarda la fecondità, si è fatto riferimento ad un modello per generazione ed ordine di nascita. Questo tipo di approccio permette di tenere in debita considerazione i mutamenti del calendario riproduttivo (in particolare il fenomeno della posticipazione delle nascite) ed anche di definire ipotesi coerenti in termini di dimensioni medie della discendenza. E' stata posta particolare attenzione alla metodologia che ha permesso la determinazione dei tassi di fecondità di primo ordine, esplicitando il processo di recupero che vede lo spostamento dopo i 29 anni di età di una parte delle nascite non realizzate nelle età più giovani. In generale, si ipotizza una ripresa della fecondità nei primi anni del Duemila, più sensibile nelle regioni caratterizzate da un livello di fecondità particolarmente basso.

Le migrazioni interne sono trattate secondo un approccio multidimensionale, che permette di considerare simultaneamente le aree di origine e destinazione dei flussi migratori e di definire gli ingressi

in una determinata area come somma delle uscite con quella destinazione da tutte le altre aree del sistema. Le probabilità di migrazione specifiche per età, sesso e regione di residenza, stimate sulla base dell'analisi delle strutture e dei livelli della seconda metà degli anni '90, sono mantenute costanti per l'intero periodo di previsione.

Infine le migrazioni con l'estero sono considerate in due fasi: la prima riguarda i flussi in uscita dall'Italia, che vengono stimati dal modello delle migrazioni interne, dove l'estero è una delle possibili destinazioni delle emigrazioni dalle regioni italiane; la seconda riguarda gli ingressi dall'estero, sia di italiani sia di cittadini stranieri. Per questa seconda parte, si è proceduto ad un'analisi delle serie storiche relative agli anni '80 e '90 che tenesse conto dei diversi procedimenti di sanatoria e di regolarizzazione che si sono succeduti. Sulla base di quest'analisi e di una disamina delle più recenti decisioni governative in tema di migrazioni, si è fissata una quota annuale di nuovi ingressi, di cui 121 mila cittadini stranieri, tenuta poi costante per l'intero periodo di previsione.

### *Le ipotesi alternative*

Per ciascuna componente demografica sono stati sviluppati, accanto a quella che costituisce la previsione centrale, due scenari alternativi, che disegnano in certo modo il campo dell'incertezza futura. Se dunque l'ipotesi centrale costituisce la previsione alla quale si attribuisce il maggior grado di affidabilità, in quanto per ogni componente si è considerato l'andamento futuro più probabile, le due ipotesi alternative sono sviluppate con l'intenzione di definire il campo di variazione all'interno del quale si collocherà verosimilmente la popolazione futura, descrivendo i risultati demografici di diverse evoluzioni delle principali componenti della dinamica demografica.

Nell'ipotesi bassa si prefigura uno scenario caratterizzato da scarsa crescita economica e da scarsa attenzione ai problemi sociali: in questo

contesto si immagina che il ritmo di miglioramento della sopravvivenza subirà un rallentamento e che la fecondità non mostrerà alcun segno di ripresa, anzi subirà un'ulteriore flessione. Si ipotizza una sorta di stagnazione anche nel campo delle migrazioni: i flussi migratori tra le regioni, così come quelli con l'estero, saranno di dimensioni più modeste per la scarsa "attrattività" delle destinazioni. A questo scenario corrisponde il minimo di popolazione, con la struttura per età più squilibrata.

Nell'ipotesi alta si parte da uno scenario opposto, in cui una vivace crescita economica offra l'opportunità di rafforzare gli investimenti anche nel campo sociale e sanitario. Si ipotizza perciò un incremento della sopravvivenza più importante che non nella ipotesi centrale e una notevole ripresa della fecondità. Inoltre questo scenario prevede un più intenso movimento di popolazione tra le regioni e una maggiore forza attrattiva dell'Italia nei confronti degli immigrati dall'estero. In questo scenario si ottiene il massimo della popolazione, e la struttura per età più equilibrata.

Nel prospetto che segue, sono riportate in sintesi le principali caratteristiche delle tre ipotesi alternative, con i valori che i principali parametri demografici assumono per l'anno 2030.

Regione	TFT	Speranza di vita alla nascita		Saldo Migratorio	
		Uomini	Donne	Interno	Con l'estero
<b>2030 Ipotesi Centrale</b>					
Piemonte	1,27	81,4	88,2	2.910	9.920
Valle d'Aosta	1,27	81,4	88,2	323	242
Lombardia	1,28	82,4	89,0	4.975	26.600
Trentino-Alto Adige	1,47	83,3	90,4	914	2.263
Veneto	1,28	82,8	89,5	5.613	11.967
Friuli-Venezia Giulia	1,20	82,4	88,7	1.991	2.791
Liguria	1,12	81,3	87,6	1.348	3.442
Emilia-Romagna	1,16	82,9	88,8	12.915	10.083
Toscana	1,17	81,8	88,1	6.089	9.580
Umbria	1,30	82,0	88,3	1.861	2.597
Marche	1,32	82,8	89,2	3.686	3.430
Lazio	1,38	80,5	87,3	-1.922	15.917
Abruzzo	1,51	81,8	88,6	975	2.680
Molise	1,49	81,8	88,6	-29	341
Campania	1,76	80,1	87,3	-15.900	5.355
Puglia	1,62	81,1	87,7	-8.541	3.774
Basilicata	1,65	81,0	87,7	-1.250	499
Calabria	1,70	80,1	87,1	-5.073	1.902
Sicilia	1,74	79,0	85,7	-10.360	4.048
Sardegna	1,23	80,0	87,4	-526	1.260
<b>ITALIA</b>	<b>1,41</b>	<b>81,4</b>	<b>88,1</b>	<b>0</b>	<b>118.690</b>
<b>2030 Ipotesi Bassa</b>					
Piemonte	1,05	78,7	85,5	1.862	7.379
Valle d'Aosta	1,08	78,7	85,5	250	183
Lombardia	1,11	79,2	86,0	2.748	19.371
Trentino-Alto Adige	1,32	79,9	87,2	662	1.633
Veneto	0,98	79,6	86,6	4.704	8.969
Friuli-Venezia Giulia	1,01	79,2	85,7	1.622	2.154
Liguria	0,91	78,7	85,1	1.092	2.624
Emilia-Romagna	1,02	80,0	86,1	10.334	7.416
Toscana	1,01	79,4	85,7	4.847	7.034
Umbria	1,06	79,7	85,9	1.643	1.920
Marche	1,02	80,3	86,6	3.188	2.545
Lazio	1,09	78,3	84,8	-2.232	11.705
Abruzzo	1,12	79,5	86,0	965	2.129
Molise	1,13	79,5	86,0	-34	299
Campania	1,32	77,6	84,4	-12.550	4.178
Puglia	1,22	78,9	85,2	-6.518	3.066

Basilicata	1,21	79,0	85,1	-929	425
Calabria	1,20	78,3	84,7	-3.515	1.547
Sicilia	1,32	77,3	83,5	-7.958	3.158
Sardegna	0,91	78,0	85,1	-181	1.027
<b>ITALIA</b>	<b>1,13</b>	<b>78,8</b>	<b>85,4</b>	<b>0</b>	<b>88.764</b>
<b>2030 Ipotesi Alta</b>					
Piemonte	1,42	84,0	90,7	3.782	13.562
Valle d'Aosta	1,45	84,0	90,7	389	326
Lombardia	1,49	85,5	91,8	6.999	36.768
Trentino-Alto Adige	1,68	86,6	93,3	1.185	3.147
Veneto	1,61	86,0	92,1	6.774	16.195
Friuli-Venezia Giulia	1,44	85,6	91,4	2.292	3.706
Liguria	1,28	83,9	89,9	1.365	4.629
Emilia-Romagna	1,37	85,7	91,2	15.655	13.812
Toscana	1,39	84,0	90,1	6.508	13.161
Umbria	1,51	84,3	90,3	1.964	3.554
Marche	1,58	85,2	91,5	4.165	4.701
Lazio	1,61	82,8	89,5	-3.058	21.914
Abruzzo	1,83	84,2	90,9	942	3.486
Molise	1,79	84,2	90,9	-58	418
Campania	2,05	82,8	90,0	-18.437	7.167
Puglia	1,91	83,3	90,0	-10.213	4.990
Basilicata	1,81	83,1	90,0	-1.357	648
Calabria	1,94	82,0	89,3	-5.886	2.624
Sicilia	1,99	80,6	87,7	-12.203	5.792
Sardegna	1,53	82,0	89,5	-808	1.628
<b>ITALIA</b>	<b>1,65</b>	<b>84,0</b>	<b>90,5</b>	<b>0</b>	<b>162.229</b>

### **8.3 – Le previsioni per piccole aree. Un esempio guidato: due scenari di popolazione per il comune di Prato**

#### *8.3.1 - Scenari demografici su scala locale: tra esigenze informative e cautele*

Ormai da qualche tempo la situazione demografica nelle realtà territoriali italiane viene studiata con interesse crescente. In particolare, gli studi di “demografia urbana” investono vari aspetti, del tutto o in parte correlati fra loro: la bassissima fecondità, l’invecchiamento demografico, l’intensificazione delle correnti migratorie ed il conseguente aumento delle collettività straniere nelle città. I mutamenti

dei livelli di natalità e di mortalità, l'aumento delle migrazioni, cambiano la prospettiva dalla quale si devono affrontare i problemi e l'organizzazione all'interno del territorio e del sistema sociale. Le sole manifestazioni recenti, però, non consentono di comprendere le implicazioni di medio e lungo periodo delle nuove tendenze in atto. E' necessaria, allora, la costruzione di alcuni scenari di popolazione, su orizzonti temporali di medio termine, che consentano di riflettere sulla portata di ciò che sta recentemente avvenendo.

Sottolineiamo che, in un momento di così rapide trasformazioni, la realizzazione di previsioni demografiche per piccole aree, con l'obiettivo di cogliere sul territorio l'impatto delle trasformazioni in corso, rappresenta un'operazione rischiosa. Tuttavia, le previsioni costituiscono quanto meno un'occasione per riflettere e ragionare sulle nuove realtà demografiche, sulle cause e sulle implicazioni, sui possibili scenari futuri, sulla necessità di ridefinire gli indirizzi programmatici e di adeguare l'azione politico amministrativa (Bonaguidi *et al.* 2004).

I problemi di metodo nella realizzazione di previsioni per piccole aree riguardano in primo luogo la possibilità teorica e la validità pratica di condurre previsioni demografiche per sub-aree appartenenti ad aggregati territoriali e di popolazione più vasti (Golini *et al.* 1982). La "soglia" demografica che consente il calcolo dei parametri demografici sufficientemente "solidi" e stabili da un punto di vista statistico per poter alimentare un modello previsionale, può essere fissata intorno a 50.000 abitanti (Bonaguidi, Valentini 2004).

Quelle che generalmente vengono proposte a livello locale, più che vere e proprie *previsioni*, sono *scenari* tesi a valutare l'impatto della combinazione di specifiche ipotesi (Terra Abrami 1998) cui non possiamo attribuire un grado particolarmente elevato di probabilità o plausibilità. In altri termini, gli scenari di popolazione sono da intendersi come possibili alternative rispetto ad un'ipotesi iniziale: hanno lo scopo di far capire di quanto cambierebbe il quadro futuro se

si modificassero gli andamenti della fecondità, della mortalità o della migratorietà<sup>16</sup>.

Sono necessarie alcune cautele per interpretare correttamente i risultati di scenari demografici costruiti su scala locale. La dinamica demografica di una popolazione dipende direttamente dal modo in cui gli effetti dei flussi demografici, sia naturali (nascite e morti) sia migratori, si combinano tra loro. A livello locale, i movimenti migratori rappresentano il vero “motore” dell’evoluzione demografica e, allo stesso tempo, costituiscono anche la componente più complessa da trattare in termini previsivi: la consistenza, la direzione e la composizione dei flussi migratori può essere soggetta a rapide fluttuazioni che possono essere legate sia al contesto (come, ad esempio, un cambiamento nella politica di regolamentazione dei permessi di soggiorno) che a scelte individuali (nella maggior parte dei casi di ordine economico e sociale) le cui conseguenze risultano difficilmente quantificabili. I fenomeni di natalità e mortalità presentano, invece, una certa stabilità ed inerzia, almeno nel breve e medio periodo. Infatti, la popolazione tra 10 e 20 anni sarà ancora rappresentata, in larga maggioranza, dalle stesse generazioni di quella attuale: il rinnovo, relativamente lento, rende quindi il saldo naturale maggiormente prevedibile del saldo migratorio.

### *8.3.2 – Un esempio guidato: due scenari di popolazione per il Comune di Prato*

L’esercizio previsivo proposto in questo paragrafo consiste nella previsione della popolazione del comune di Prato al 31/12/2023. Verranno presentate due possibili alternative, in ipotesi di costanza di mortalità e fecondità: una previsione “chiusa” alle migrazioni ed un’altra ipotizzando migrazioni costanti per i vent’anni. Lo scopo dell’esercizio è mostrare in che termini la migratorietà possa influenzare la dinamica

---

<sup>16</sup> Si veda, a questo proposito, Regina et al. (2003), Salvini et al. (2005).

evolutiva della città. La metodologia utilizzata per la produzione dei due scenari si basa sul metodo “*cohort component*” (cfr par. 6).

### **Proiezione “chiusa” alle migrazioni.**

Trascurando le migrazioni, che rappresentano l’incognita di maggior peso, con una certa attendibilità si può effettuare una proiezione di breve periodo (al 2023) partendo dall’attuale struttura per sesso ed età della popolazione pratese, e mantenendo costante l’andamento intrinseco che la caratterizza negli ultimi anni: la denatalità e l’aumento di longevità.

I dati utilizzati per questo primo esercizio previsivo sono: (i) la popolazione iniziale risultante all’*anagrafe*<sup>17</sup> del 31/12/2003; (ii) la tavola di mortalità del 2000 per la provincia di Firenze, da fonte ISTAT ([www.demostat.it](http://www.demostat.it)); (iii) la struttura di fecondità per età ottenuta attraverso il calcolo dei tassi specifici di fecondità del 2003 sui dati dell’*anagrafe*. Perciò, consapevoli del fatto che dati calcolati con dettaglio comunale possano essere soggetti a variazioni casuali, abbiamo cercato di utilizzare, per ogni componente demografica dell’algoritmo di proiezione, dati il più possibile attinenti all’area in esame. L’*orizzonte temporale* scelto è relativamente breve ed allo stesso tempo indicativo: 20 anni.

Prima di soffermarci sul commento dei risultati vediamo quali sono i passi realizzati nell’ottenerli. Nelle tabelle 7-8 riportiamo i dati sui relativi fogli elettronici excel utilizzati per la realizzazione della proiezione.

La popolazione al 31/12/2003 è costituita da una serie di generazioni successive che in quella data sono identificabili da una specifica età espressa in anni compiuti. La previsione lavora separatamente su 5

---

<sup>17</sup> La disponibilità dei dati anagrafici relativi al Comune di Prato è dovuta ad una convenzione tra Dipartimento di Statistica “G. Parenti” e Comune di Prato per l’anno 2005 che ha dato luogo ad un volume attualmente in corso di stampa: “*La popolazione di Prato: analisi territoriale e scenari demografici*”.

generazioni contigue, stimando tutti i cambiamenti che intervengono nella popolazione nel corso dei 5 anni.

Il primo passo è quello di “far invecchiare” le persone di ciascun gruppo quinquennale di età per i 5 anni successivi, cioè di calcolare, data una certa probabilità di morte, quanti sopravvivranno dopo 5 anni. Ad esempio, per la popolazione femminile avremo:

$$P_{5-9;f}^{2008} = P_{0-4;s}^{2003} \cdot {}_5S_{0-4;f} ;$$

$$P_{10-14;f}^{2008} = P_{5-9;f}^{2003} \cdot {}_5S_{5-9;f} ;$$

ecc...

e, nello specifico:

$$P_{5-9;f}^{2008} = 3982 \times 0,998717 = 3977 ;$$

$$P_{10-14;f}^{2008} = 3554 \times 0,998791 = 3550 ;$$

ecc...

Seguendo questo procedimento è possibile ricostruire tutta la colonna che contiene la popolazione  $P_{x,x+4}^{t+5}$  (cioè la popolazione pratese al 31/12/2008), tranne il primo valore della colonna, cioè la popolazione in età 0-4 (nelle tabelle 2-3 è indicato in neretto).

Il secondo passo dell'esercizio sta proprio nel calcolo del primo valore della colonna. Per ottenere il numero di nati e quindi poi le popolazioni in età 0-4, 5 anni dopo l'inizio della proiezione, occorre conoscere i tassi di fecondità specifici per età della madre nell'anno base. Applicando, classe per classe, i tassi di fecondità al numero medio di donne previste nel quinquennio, si ottiene il numero annuo di nati, da moltiplicare per 5, per avere i nati nell'intero quinquennio.

Mostriamo a titolo esemplificativo il calcolo dei nati da donne in età riproduttiva 15-19:

$$N_{15-19}^{2003-2008} = 5 \times (6,13 \times (3958 + 3726) / 2) / 1000 = 118$$

I nati saranno poi suddivisi tra maschi e femmine, facendo ricorso al rapporto fra i sessi alla nascita, che equivale ad una proporzione di nati di circa 51,4% di maschi e 48,6% di femmine. Perciò:

$$N_{15-19;f}^{2003-2008} = 118 \times 0,486 = 57 ;$$

$$N_{15-19;m}^{2003-2008} = 118 \times 0,514 = 60 .$$

Operando allo stesso modo anche per tutte le altre classi relative alle donne in età riproduttiva e poi sommando tutte le nascite femminili e maschili, si ottiene il numero totale di nascite nell'intero quinquennio:

$$N_f^{2003-2008} = 3429 ;$$

$$N_m^{2003-2008} = 3626 .$$

Di tali nati, occorrerà infine calcolare i sopravvissuti nel 2008, utilizzando ancora una volta le funzioni di sopravvivenza della tavola di mortalità:

$$P_{0-4;f}^{2008} = N_f^{2003-2008} \times s_{n,f} = N_f^{2003-2008} \times (L_{0-4;f} / 5l_{0,f}) = 3429 \times 0,997832 = 3421;$$

$$P_{0-4;m}^{2008} = N_m^{2003-2008} \times s_{n,m} = N_m^{2003-2008} \times (L_{0-4;m} / 5l_{0,m}) = 3626 \times 0,996198 = 3612 .$$

Abbiamo così costruito tutta la colonna che contiene la popolazione  $P_{x,x+4}^{2008}$ , cioè la popolazione del comune di Prato al 31/12/2008 in assenza di movimenti migratori. Le proiezioni per gli anni successivi (al 31/12/2012; 31/12/2017; 31/12/2023) andranno realizzate seguendo esattamente lo stesso procedimento.

A questo punto possiamo descrivere i risultati ottenuti.

La piramide per età della popolazione pratese al 31 Dicembre 2003, rappresenta la base della nostra previsione<sup>18</sup> (figura 5 – a). La particolare struttura è dovuta al calo delle nascite (base ristretta) ed alla maggiore longevità della popolazione femminile (sbilanciamento a destra della parte alta).

La proiezione (figura 5 – b) dà luogo ad un significativo mutamento della struttura per età: nel 2023 il restringimento alla base della piramide è più esteso, arrivando fino alla classe di età 40-44, includendo larga parte della popolazione in età lavorativa (tra i 15 ed i 64 anni). Allo

---

<sup>18</sup> La piramide è stata ottenuta rapportando i contingenti maschili e femminili di ogni classe di età, al totale della popolazione di entrambi i sessi, così da poter apprezzare, in termini relativi, da una parte le differenze in periodi diversi, dall'altra anche le differenze di genere all'interno della stessa piramide.

stesso tempo assistiamo, nelle età senili, ad un aumento della popolazione anziana, che oggi gode, in tutta la provincia di Prato, di speranze di vita piuttosto alte.

Particolarmente interessante, poi, è il mutamento che la proiezione comporta nell' *indice di vecchiaia* IV (ovvero il rapporto tra i residenti con più di 65 anni e quelli di età non superiore ai 14 anni) che passa da 149,3% nel 2003 a 268,7% nel 2023; ci troveremo, cioè, di fronte ad una popolazione in età senile in valore assoluto più che doppia rispetto alla popolazione in età infantile e giovanile.

Dopo la struttura, vediamo i numeri. Il futuro demografico di Prato sarà caratterizzato, in ipotesi di assenza di migrazioni, da una riduzione di popolazione pari a quasi 20.000 unità. Tale riduzione si concentra nelle classi "economicamente produttive" che vedono un declino di più di 18.000 persone e, se si pensa al 2023 solo come ad una tappa di un processo destinato a proseguire, è lecito aspettarsi un ulteriore calo.

Già da queste prime analisi emerge come nella città il ricambio generazionale sia insufficiente a garantire un adeguato livello di sostituzione nelle classi che lavorano ed un'evoluzione demografica equilibrata. Ovviamente, diviene ora centrale introdurre la migratorietà nella proiezione: in base al segno, il saldo migratorio può svolgere la funzione di contrastare il regresso demografico ormai iscritto nella dinamica naturale della città di Prato.

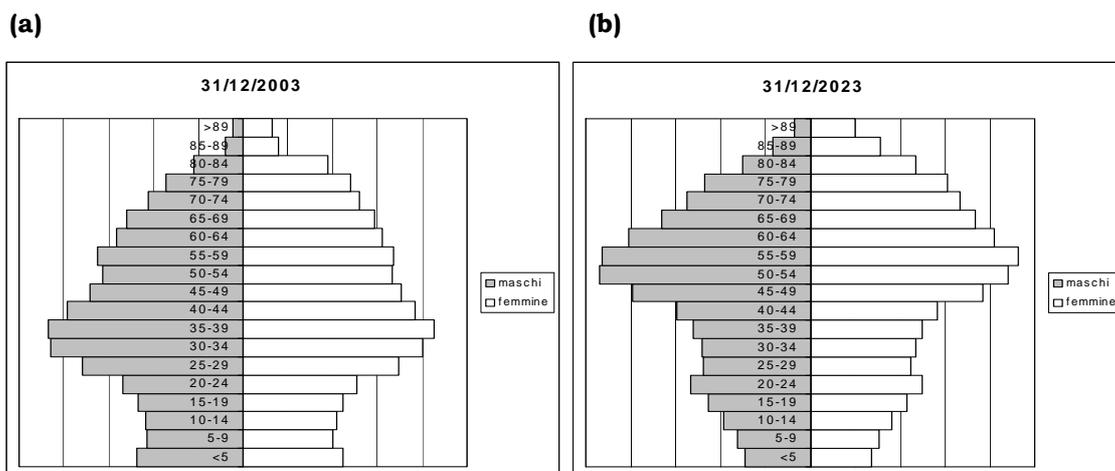
**Tabella 7 - Schema per la proiezione “chiusa” della popolazione femminile (i numeri evidenziati rappresentano i contingenti di popolazione previsti dalla nascita).**

età	$P_{x,x+4}^{2003}$	$5s_x^f$	$f_x$	$N_{x,x+4}^{2003-08}$	$P_{x,x+4}^{2008}$	$N_{x,x+4}^{2008-13}$	$P_{x,x+4}^{2013}$	$N_{x,x+4}^{2013-18}$	$P_{x,x+4}^{2018}$	$N_{x,x+4}^{2018-23}$	$P_{x,x+4}^{2023}$
		$S_n:0,997832$		Tot: 3429		Tot: 2893		Tot: 2434		Tot: 2176	
<5	3982	0,998717			<b>3421</b>		<b>2886</b>		<b>2429</b>		<b>2172</b>
5-9	3554	0,998791			3977		<b>3417</b>		<b>2883</b>		<b>2426</b>
10-14	3730	0,998903			3550		3972		<b>3413</b>		<b>2879</b>
15-19	3958	0,999359	6,13	57	3726	54	3546	56	3968	55	<b>3409</b>
20-24	4530	0,998225	25,55	263	3955	238	3724	226	3544	233	3965
25-29	6188	0,998274	60,47	787	4522	622	3948	563	3717	533	3537
30-34	7121	0,996792	82,47	1333	6177	1071	4514	847	3942	767	3710
35-39	7608	0,993968	47,80	854	7098	770	6158	619	4500	489	3929
40-44	6820	0,992429	7,70	135	7562	137	7055	123	6120	99	4473
45-49	6267	0,991269	0,00	0	6768	0	7505	0	7002	0	6074
50-54	5933	0,98624			6212		6709		7439		6941
55-59	5993	0,978253			5851		6127		6617		7337
60-64	5545	0,967598			5863		5724		5994		6473
65-69	5246	0,949221			5365		5673		5539		5799
70-74	4651	0,908516			4980		5093		5385		5257
75-79	4262	0,825522			4226		4524		4627		4892
80-84	3357	0,677678			3518		3488		3735		3820
85-89	1426	0,492289			2275		2384		2364		2531
>89	1164	0,405763			1174		1596		1822		1903
<b>Totale</b>	91335				90222		88044		85036		81527

**Tabella 8- Schema per la proiezione “chiusa” della popolazione maschile (i numeri evidenziati rappresentano i contingenti di popolazione previsti dalla nascita).**

età	$P_{x,x+4}^{2003}$	$5S^m_x$	$f_x$	$N_{x,x+4}^{2003-08}$	$P_{x,x+4}^{2008}$	$N_{x,x+4}^{2008-13}$	$P_{x,x+4}^{2013}$	$N_{x,x+4}^{2013-18}$	$P_{x,x+4}^{2018}$	$N_{x,x+4}^{2018-23}$	$P_{x,x+4}^{2023}$
	S <sub>n</sub> :0,996198			Tot:3626		Tot:3059		Tot:2574		Tot:2302	
<5	4249	0,998849			<b>3612</b>		<b>3048</b>		<b>2565</b>		<b>2293</b>
5-9	3807	0,999422			4244		<b>3608</b>		<b>3044</b>		<b>2562</b>
10-14	3862	0,998306			3805		4242		<b>3606</b>		<b>3043</b>
15-19	4180	0,99722	6,13	60	3855	57	3798	59	4234	58	<b>3600</b>
20-24	4778	0,997809	25,55	279	4168	252	3845	239	3788	247	4223
25-29	6411	0,998552	60,47	832	4768	658	4159	596	3836	564	3779
30-34	7666	0,996185	82,47	1409	6402	1133	4761	896	4153	811	3831
35-39	7762	0,993616	47,80	903	7637	814	6377	655	4742	518	4137
40-44	6997	0,991719	7,70	142	7712	145	7588	130	6337	105	4712
45-49	6074	0,985705	0,00	0	6939	0	7649	0	7525	0	6284
50-54	5581	0,978257			5987		6840		7539		7418
55-59	5789	0,961809			5460		5857		6691		7375
60-64	5040	0,930133			5568		5251		5633		6436
65-69	4636	0,883174			4688		5179		4884		5240
70-74	3747	0,824624			4094		4140		4574		4314
75-79	3051	0,713838			3090		3376		3414		3772
80-84	1978	0,545914			2178		2206		2410		2437
85-89	693	0,378652			1080		1189		1204		1316
>89	387	0,3218			387		533		622		656
<b>Totale</b>	<b>86688</b>				<b>85674</b>		<b>83646</b>		<b>80803</b>		<b>77426</b>

**Figura 5 – (a) Popolazione al 31/12/2003 e (b) popolazione proiettata al 31/12/2023.**



### **Proiezione “aperta” alle migrazioni.**

Fin qui abbiamo ipotizzato l’assenza di movimenti migratori, ipotesi estrema e poco probabile, ma utile a capire le “potenzialità” evolutive intrinseche nella popolazione attuale al netto di mutamenti dovuti ai flussi migratori. A questo punto, però, è interessante valutare quale sarà la fisionomia della città di Prato se anche le tendenze future in termini di migratorietà si cristallizzassero sui livelli attuali.

I dati utilizzati per questo secondo esercizio previsivo sono: (i) la popolazione iniziale risultante all’anagrafe del 31/12/2003; (ii) la tavola di mortalità del 2000 per la provincia di Prato, da fonte ISTAT ([www.demostat.it](http://www.demostat.it)); (iii) la struttura di fecondità per età ottenuta attraverso il calcolo dei tassi specifici di fecondità del 2003 sui dati anagrafici (iv) la struttura di migratorietà, per sesso ed età, anch’essa ottenuta dall’anagrafe attraverso l’extrapolazione dei dati su iscrizioni e cancellazioni nel corso del 2003. L’orizzonte temporale è, anche in questo caso, di 20 anni.

Nelle tabelle 9-10 riportiamo i dati (inseriti in fogli elettronici excel) utilizzati per la realizzazione della proiezione. Tutti i valori possono essere calcolati semplicemente operando in modo analogo a quello dell’esempio precedente, con la differenza che ogni formula va integrata

con i valori relativi alle migrazioni secondo l'approccio proposto nel paragrafo 7.1.

È subito evidente dall'osservazione della piramide per età (figura 6) come, sotto queste assunzioni, la popolazione pratese tenda a ritrovare un equilibrio interno in termini di struttura per età. La popolazione nelle età centrali (attive e riproduttive) si mantiene su valori elevati grazie all'afflusso di immigrati. Per le età più avanzate si prospetta un quadro analogo a quello disegnato dallo scenario "senza migrazioni", perché queste fasce di età sostanzialmente sono il risultato della popolazione attuale (con 20 anni di meno) invecchiata secondo la stessa legge di sopravvivenza ipotizzata e risentono pochissimo della presenza dei flussi migratori che si concentrano, nelle età attive e in età infantile. Tuttavia, nonostante le ipotesi di costanza della fecondità e di continuità del saldo migratorio positivo attuale, la popolazione anche in questo caso tende a diventare più anziana: il calcolo dell'IV evidenzia che, in questo caso, ogni 100 ragazzi in età inferiore a 15 anni ci saranno circa 162 persone con più di 65.

Complessivamente, se si verificassero le ipotesi delineate, la popolazione aumenterebbe dell'10% con un contingente di popolazione complessivo di 190.256 unità.

In conclusione, possiamo affermare che le migrazioni rappresentano la variabile che più potrà modificare il futuro demografico di Prato, sia in termini di ammontare totale, che di struttura per sesso ed età: pensando ad una popolazione chiusa nelle proprie mura infatti, questa si ridurrebbe in vent'anni di circa 20.000 unità, mentre la prosecuzione dell'andamento dei flussi migratori dell'ultimo decennio porteranno Prato, nel 2023, quasi a raggiungere i 200.000 abitanti.

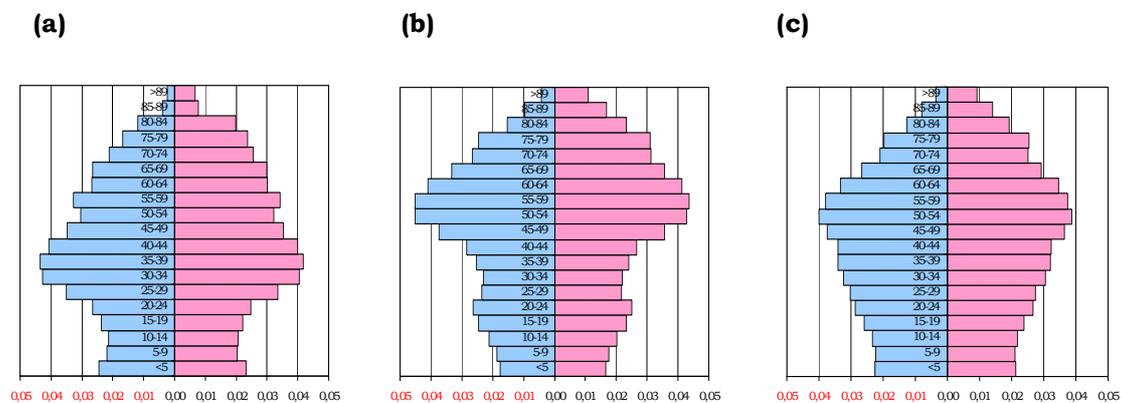
**Tabella 9 - Schema per la proiezione “aperta” della popolazione femminile (i numeri evidenziati rappresentano i contingenti di popolazione previsti dalla nascita).**

età	$P_{x,x+4}^{2003}$	$sS_x^f$	$f_x$	$E_{x,x+4}$	$I_{x,x+4}$	$N_{x,x+4}^{2003-08}$	$P_{x,x+4}^{2008}$	$N_{x,x+4}^{2008-13}$	$P_{x,x+4}^{2013}$	$N_{x,x+4}^{2013-18}$	$P_{x,x+4}^{2018}$	$N_{x,x+4}^{2018-23}$	$P_{x,x+4}^{2023}$
	S <sub>n</sub> :0,997832					Tot:3722		Tot:3623		Tot:3579		Tot:3613	
<5	3982	0,998717	955	880			<b>3676</b>		<b>3577</b>		<b>3534</b>		<b>3567</b>
5-9	3554	0,998791	480	565			3982		<b>3677</b>		<b>3578</b>		<b>3535</b>
10-14	3730	0,998903	450	600			3667		4095		<b>3790</b>		<b>3691</b>
15-19	3958	0,999359	6,13	310	930	62	4111	63	4048	66	4475	67	<b>4170</b>
20-24	4530	0,998225	25,55	800	1825	305	4778	317	4930	320	4868	331	5294
25-29	6188	0,998274	60,47	1715	2880	910	5616	886	5863	916	6016	922	5953
30-34	7121	0,996792	82,47	1900	2310	1432	6964	1359	6393	1326	6640	1366	6792
35-39	7608	0,993968	47,80	1465	1635	876	7387	854	7231	812	6662	793	6908
40-44	6820	0,992429	7,70	990	1150	137	7727	143	7507	140	7352	133	6786
45-49	6267	0,991269	0,00	570	675	0	6900	0	7800	0	7582	0	7428
50-54	5933	0,98624		410	500		6309		6937		7829		7613
55-59	5993	0,978253		395	315		5856		6227		6846		7726
60-64	5545	0,967598		320	295		5811		5677		6040		6645
65-69	5246	0,949221		275	230		5331		5588		5458		5810
70-74	4651	0,908516		160	95		4926		5006		5251		5127
75-79	4262	0,825522		145	135		4191		4441		4514		4736
80-84	3357	0,677678		105	105		3514		3456		3662		3722
85-89	1426	0,492289		75	75		2275		2382		2342		2481
>89	1164	0,405763		50	20		1153		1567		1787		1857
<b>Totale</b>	<b>91335</b>		<b>11570</b>	<b>15220</b>			<b>94174</b>		<b>96401</b>		<b>98223</b>		<b>99842</b>

**Tabella 10 - Schema per la proiezione “aperta” della popolazione maschile (i numeri evidenziati rappresentano i contingenti di popolazione previsti dalla nascita).**

età	$P_{x,x+4}^{2003}$	$sS^m_x$	$f_x$	$E_{x,x+4}$	$I_{x,x+4}$	$N_{x,x+4}^{2003-08}$	$P_{x,x+4}^{2008}$	$N_{x,x+4}^{2008-13}$	$P_{x,x+4}^{2013}$	$N_{x,x+4}^{2013-18}$	$P_{x,x+4}^{2018}$	$N_{x,x+4}^{2018-2023}$	$P_{x,x+4}^{2023}$
	S <sub>n</sub> :0,996198					Tot:3936		Tot:3831		Tot:3786		Tot:3821	
<5	4249	0,998849		1050	1035		<b>3914</b>		<b>3809</b>		<b>3764</b>		<b>3799</b>
5-9	3807	0,999422		600	670		4272		<b>3937</b>		<b>3832</b>		<b>3787</b>
10-14	3862	0,998306		360	805		4062		4527		<b>4192</b>		<b>4088</b>
15-19	4180	0,99722	6,13	390	1050	66	4408	67	4608	70	5071	70	<b>4737</b>
20-24	4778	0,997809	25,55	925	1790	322	4930	336	5157	339	5356	350	5819
25-29	6411	0,998552	60,47	1930	2800	962	5634	937	5786	968	6012	975	6211
30-34	7666	0,996185	82,47	2325	2505	1514	6926	1437	6150	1403	6302	1445	6528
35-39	7762	0,993616	47,80	1895	1870	926	7714	903	6977	859	6204	839	6355
40-44	6997	0,991719	7,70	1320	1175	145	7628	152	7580	148	6847	141	6079
45-49	6074	0,985705	0,00	780	615	0	6785	0	7410	0	7363	0	6636
50-54	5581	0,978257		560	390		5821		6521		7138		7091
55-59	5789	0,961809		405	315		5332		5566		6251		6854
60-64	5040	0,930133		325	225		5475		5035		5260		5919
65-69	4636	0,883174		280	140		4571		4976		4566		4776
70-74	3747	0,824624		150	105		4010		3953		4310		3949
75-79	3051	0,713838		60	60		3071		3288		3241		3536
80-84	1978	0,545914		45	40		2175		2190		2345		2311
85-89	693	0,378652		25	15		1073		1181		1189		1274
>89	387	0,3218		5	25		398		546		634		666
<b>Totale</b>	<b>86688</b>			<b>13430</b>	<b>15630</b>		<b>88198</b>		<b>89196</b>		<b>89878</b>		<b>90414</b>

**Figura 6 - (a) Popolazione al 31/12/2003 (b) popolazione proiettata al 31/12/2023 senza migrazioni e (c) popolazione proiettata al 31/12/2023 con migrazioni costanti.**



## BIBLIOGRAFIA

- Barsotti O. e Bonaguidi A. (1999), *Previsioni demografiche: ipotesi sulle migrazioni*, in *Démographie: analyse et synthèse*, vol. 2, pp. 71.
- Barsotti O. e Bonaguidi A. (2004), *Hypothèses pour les projections de migration*, in Caselli G., Vallin J. e Wunsch G. (a cura di), *Démographie: analyse et synthèse. V Histoire du Peuplement et Prévisions*, L'Institut National D'Etudes Démographiques, Paris.
- Blangiardo G.C. (1994), *Tendenze, conoscenze e governo*, in Livi Bacci M. et al., "Demografia", Fondazione G. Agnelli, Torino.
- Boldrini M. (1937), "La guerra per l'impero e la popolazione italiana", *Studi nelle Scienze giuridiche e sociali* pubblicati dall'Istituto di Esercitazioni presso la Facoltà di Giurisprudenza della R. Università di Pavia, vol. XXII.
- Bonaguidi A., Heins F. e Terra Abrami V. (1998), *Problemi e metodi nelle previsioni demografiche: la componente migratoria*, atti del convegno "La demografia locale in Italia. Metodi ed esperienze negli studi territoriali sulla popolazione" pag.89-97, Istituto di Ricerche sulla Popolazione (IRP), Roma.
- Bonaguidi A. e Valentini A. (2004), *Dati e territorio: ricchezza e consistenza dell'informazione statistica*, intervento presso la Scuola della Società Italiana di Statistica su "Le previsioni per la popolazione locale per il governo del territorio e le esigenze del mercato", Roma 21-25 Giugno 2004.
- Bonaguidi A., Valentini A. et al (2004), *Il futuro demografico della Regione Emilia Romagna e delle sue Province*, Regione Emilia Romagna, Servizio Controllo di Gestione e Sistemi Statistici.
- Bonarini F. (1999), *Guida alle Fonti Statistiche socio-demografiche*, CLEUP, Padova.
- Bongaarts J., Burch T. e Wachter K. (a cura di), *Family Demography: Methods and Their Application*, Pp 215-227, Oxford: Clarendon Press.

- Bonifazi C., Gesano G. e Misiti M. (1998), Il territorio come chiave di lettura *della realtà demografica*, atti del convegno “La demografia locale in Italia. Metodi ed esperienze negli studi territoriali sulla popolazione” pag.5-24, Istituto di Ricerche sulla Popolazione (IRP), Roma.
- Buratta V. e Santini A. (2004), *Il nuovo quadro dell'informazione demografica attraverso le statistiche ufficiali. Conseguenze sull'analisi*, in “Quaderni di Discussione”, Società Italiana di Statistica (SIS), Gruppo di Coordinamento per la Demografia (GCD), Roma.
- Caselli G. (1996), *Mortality forecasts*, in “Demografia: analisi e conseguenze dei processi demografici”, Dipartimento di Scienze Demografiche, Roma, pag. 85-102.
- Caselli G. (2004), *Projections de mortalité: hypotheses et methodes*, in Caselli G., Vallin J. e Wunsch G. (a cura di), *Demographie: analyse et synthese. V Histoire du Peuplement et Previsiones*, L'Institut National D'Etudes Demographiques, Paris.
- Gini C. e De Finetti B. (1931), “Calcoli sullo sviluppo futuro della popolazione italiana”, in *Annali di Statistica*, serie VI, vol. X.
- Golini A., De Simoni A. e Gesano G. (1982), *Previsioni demografiche per aree sub- regionali*, atti della XXXI Riunione Scientifica, “Statistica e Previsione”, Società Italiana di Statistica.
- Golini A., De Simoni A. e Heins F. (1989), *Tre scenari per il possibile sviluppo della popolazione delle regioni italiane al 2038 (base 1988)*, Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di ricerche sulla popolazione.
- Golini A., De Simoni A. e Citoni F. (1995), *Tre scenari per il possibile sviluppo della popolazione delle regioni italiane al 2044 (base 1994)*, Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di ricerche sulla popolazione.
- ISTAT, (1989), *Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione – Base 1.1.1988*, Note e Relazioni, n. 4, Roma.

- ISTAT (1997), *Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione – Base 1.1.1996*, Informazioni, n. 34, Roma.
- Livi Bacci M. (1999), *Introduzione alla demografia*, Loescher Editore, Torino.
- Lutz, W. (1996), *The Future Population of the World. What Can We Assume Today?* Rev. ed. London: Earthscan.
- Lutz, W., W. C. Sanderson, and S. Scherbov (1996), *Probabilistic population projections based on expert opinion*, in Lutz, W., ed., *The Future Population of the World: What Can We Assume Today?* rev. ed., pp. 379–85. London: Earthscan.
- Lutz, W., W. C. Sanderson, and S. Scherbov (1999), *Expert-based probabilistic population projections*, in Lutz, W., J.W. Vaupel, and D.A. Ahlburg, eds., *Frontiers of Population Forecasting*, a supplement to *Population and Development Review* 24 (1998), pp. 139–55.
- Marsili M. e Sorvillo M.P. (a cura di), 2002, *Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione dal 1.1.2001 al 1.1.2051* ISTAT, in [http://www.istat.it/dati/catalogo/20030326\\_01/volume.pdf](http://www.istat.it/dati/catalogo/20030326_01/volume.pdf).
- Miani Calabrese D. (1938), “La guerra per l’Impero e le previsioni demografiche”, *Genus*, vol. 3, nn. 1-2.
- Preston S., Heuveline P. e Guillot M. (2001), *Demography. Measuring and modelling population processes*, Blackwell Publishers, Oxford.
- Regina F., Salvini S. e Vignoli D. (2003), *La popolazione a Firenze. Il profilo demografico della città*, Collana “La statistica per la città”, Ufficio Comunale di Statistica, Firenze.
- Rogers A., 1995, *Multiregional Demography: Principles, Methods, and Extensions*, John Wiley, London.
- Rogers A., Willekens F., Little J. e Raymer J., 2002, "Describing Migration Spatial Structure", *Papers in Regional Science*, 81:29-48.
- Rossi F. (1980), *Previsioni demografiche per piccole aree*, CLEUP, Padova.

- Rossi F. (1997), *Stime e proiezioni di popolazioni per lo studio dei mercati*, in Micheli G.A. e Rivellini G. (a cura di) (1997), *Popolazione e mercato*, Franco Angeli, Milano.
- Salvini S., Ferro I., Romanelli M. e Vignoli D. (in corso di stampa), *La popolazione di Prato: analisi territoriale e scenari demografici*, Ufficio di Statistica del Comune di Prato e Dipartimento di Statistica "G. Parenti" di Firenze.
- Santini A. (1992), *Analisi Demografica. Fondamenti e metodi*, La Nuova Italia, Firenze.
- Santini A. (2005), *Appunti di analisi demografica*, Florence University Press, Firenze.
- Terra Abrami V. (1998), *Le Previsioni Demografiche*, Il Mulino, Bologna.
- Wachter K.W. (1987), *Microsimulation of household cycles*, in J. Bongaarts, T. Burch, and K. Wachter (a cura di) *Family Demography: Methods and Their Application*, Pp 215-227, Oxford: Clarendon Press.

### **W.W.W.**

- [www.demo.istat.it](http://www.demo.istat.it)
- <http://demo.istat.it/prev/note.html>
- [www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA\\_projections2001.xls](http://www.iiasa.ac.at/Research/POP/proj01/IIASA_projections2001.xls)
- [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/WPP2004-HIGHLIGHTS\\_Final.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/WPP2004-HIGHLIGHTS_Final.pdf)

Copyright © 2006

Silvana Salvini, Antonio Santini,  
Daniele Vignoli